



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra přírodovědných oborů

Metody vyšetření zraku řidičů a jejich porovnávání

Methods of examining the vision of drivers and their comparison

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Jan Šimůnek

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Markéta Žáková

Katedra přírodovědných oborů

Akademický rok: 2017/2018

Z a d á n í b a k a l á ř s k é p r á c e

Student: **Jan Šimůnek**
Obor: Optika a optometrie
Téma: **Metody vyšetření zraku řidičů a jejich porovnávání**
Téma anglicky: Methods of examining the vision of drivers and their comparison

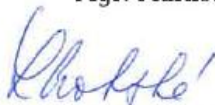
Zásady pro vypracování:

Student zjistí používané metody měření zraku řidičů v České republice, popíše používané testy. Popíše měření zraku řidičů pomocí přístroje Visiotest a naměřené hodnoty porovná s výsledky naměřených hodnot získaných pomocí testů na podobném principu. Student poté zhodnotí shodu výsledků a přesnost měření daných testů.


Seznam odborné literatury:

- [1] ANTON, Milan, Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody, ed. 3, Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, ISBN 80-7013-402-X
- [2] SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š., Fyziologie oka a vidění, ed. 2, Praha: Grada, 2014, ISBN 978-80-247-3992-2
- [3] HROMÁDKOVÁ, L., Šilhání, ed. 3, Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotních oborů, 2011, ISBN 978-80-7013-530-3
- [4] KRAUS, H. a kol., Kompendium očního lékařství, ed. 1, Grada Publishing, 1997, 341 s., ISBN 80-7169-079-1

Zadání platné do: 20.09.2019
Vedoucí: Mgr. Markéta Žáková



vedoucí katedry / pracoviště



děkan

V Kladně dne 19.02.2018

Název bakalářské práce: Metody vyšetření zraku řidičů a jejich porovnávání

Abstrakt:

Bakalářská práce řeší otázku kvality měření zraku u vybrané skupiny řidičů motorových vozidel. Cílem práce je porovnat naměřené výsledky probandů na přístroji Visiotest s výsledky vlastního měření jinými speciálními testy na podobném principu jako Visiotest a objektivně tak zhodnotit kvalitu měření Visiotestem. Přístroj Visiotest je určen ke screeningovému měření zraku. Speciální metody měření jsou provedeny na LCD optotypu, perimetru, pseudoizochromatických tabulkách apod. Teoretická část práce pojednává o zrakových normách pro řidiče a o problematice základních parametrů zraku. Praktická část a experimentální část práce se věnuje měření zraku řidičů na Visiotestu a speciálními testy. Formou grafů a tabulek jsou znázorněny výsledky jednotlivých měření a analýza dat. Sběr naměřených dat probíhal od listopadu 2017 do dubna 2018 ve vybrané optice a ordinaci oftalmologa v Ústí nad Labem. Do souboru vyšetřovaných osob bylo vybráno 60 probandů (36 mužů a 24 žen). V případě odhalení závažnějšího zrakového deficitu byla probandovi doporučena návštěva oftalmologa pro podrobnější vyšetření. Po analýze dat bylo zjištěno, že většina naměřených výsledků Visiotestu se shodovala s výsledky speciálních testů. Orientační měření na Visiotestu lze proto považovat ve většině testů za spolehlivé. Nejpřesnějším měřením bylo testování hypermetropie. Naopak nejméně shod bylo při testování heteroforie a kontrastní citlivosti očí.

Klíčová slova:

Visiotest, měření zraku, visus, perimetr, barvocit

Bachelor's Thesis title: Methods of examining the vision of drivers and their comparison

Abstract:

The bachelor thesis solves the question of the quality of visual measurement in a selected group of drivers of motor vehicles. The aim of this work is to compare the measured results of probes on the Visiotest with the results of own measurements by other special tests on a similar principle as Visiotest and to objectively evaluate the quality of the Visiotest measurement. Visiotest is designed for screening vision. Special methods of measurement are performed on the LCD optotype, perimeter, pseudoisochromatic tables, etc. The theoretical part of the thesis deals with visual standards for the driver and about the basic parameters of vision. The practical part and the experimental part deals with visiometric visor measurements and special tests. Graphs and tables represent the results of individual measurements and data analysis. Data collection took place from November 2017 until April 2018 in selected optics and surgery of ophthalmologists in Ústí nad Labem. Sixty probands (36 males and 24 females) were selected for the examined population. In the event of a more severe visual deficit, an ophthalmologist's visit was recommended for a more detailed examination. After analyzing the results, it was found that most of the measured results of Visiotest were consistent with the results of special tests. Indicative measurements on Visiotest can therefore be considered reliable in most tests. The most accurate measurement was testing hypermetropia. On the contrary, the least match was in testing heterophories and contrast sensitivity of the eyes.

Key words:

Visiotest, vision measurement, visus, myopia, coloring

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat Mgr. Markétě Žákové za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky, trpělivost a vstřícnost při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat MUDr. Sušickému za poskytnutí perimetru a fakultě FBMI ČVUT za zapůjčení přístroje Visiotest. V neposlední řadě směřuji své poděkování k rodině, které děkuji za podporu a pochopení.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Metody vyšetření zraku řidičů a jejich porovnávání*“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně dne

.....

podpis

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Zrakové normy pro řidiče v ČR	2
2.1. Zdravotní způsobilost řidičů	2
2.2. Optické pomůcky při řízení	2
2.3. Kategorizace omezení řidičů.....	3
2.3.1. Zdravotní stav vylučující možnost provozu pro skupinu 1	3
2.3.2. Zdravotní stav vylučující možnost provozu pro skupinu 2	3
2.3.3. Zdravotní stav ovlivňující bezpečnost provozu pro skupinu 1	4
2.3.4. Zdravotní stav ovlivňující bezpečnost provozu pro skupinu 2.....	4
2.4. Zrakové potíže řidičů	4
3. Zraková ostrost.....	6
3.1. Zraková ostrost a faktory, které ji ovlivňují	6
3.2. Rozlišovací mez oka	6
3.3. Optotypy	7
3.4. Zraková ostrost do dálky a její vyšetření	8
3.5. Zraková ostrost do blízka a její vyšetření	9
4. Základní typy refrakčních vad.....	10
4.1. Myopie	10
4.2. Noční myopie.....	11
4.2.1. Vznik noční myopie	11
4.2.2. Hlavní příznaky noční myopie	11
4.2.3. Faktory ovlivňující vznik noční myopie.....	12
4.2.4. Vyšetření noční myopie.....	12
4.3. Hypermetropie, metody vyšetření.....	13
4.4. Astigmatismus, metody vyšetření.....	14
4.5. Presbyopie, metody vyšetření	16
5. Barvocit	18
5.1. Barevné vidění	18
5.2. Poruchy barvocitu	18
5.3. Korekce poruch barvocitu.....	19
5.4. Metody vyšetření barvocitu	19
6. Stereoskopické vidění	21

6.1.	Prostorové vidění	21
6.2.	Metody vyšetření stereoskopického vidění.....	21
7.	Zorné pole	22
7.1.	Zorné pole	22
7.2.	Poruchy zorného pole	22
7.3.	Metody vyšetření zorného pole.....	23
8.	Kontrastní citlivost	24
8.1.	Kontrastní senzitivita	24
8.2.	Poruchy kontrastní citlivosti	24
8.3.	Metody vyšetření kontrastní citlivosti	24
9.	Heteroforie	26
9.1.	Heteroforie	26
9.2.	Korekce heteroforie	26
9.3.	Vyšetření heteroforie	27
10.	Visiotest Essilor.....	28
10.1.	O přístroji	28
10.2.	Podmínky provozu	29
10.3.	Technické parametry Visiotestu Essilor.....	29
10.4.	Sada testů.....	29
11.	Praktická část.....	30
11.1.	Cíl měření, pracovní hypotéza	30
11.2.	Soubor vyšetřovaných osob (probandi).....	31
11.3.	Postup měření a prostředky (metodologie)	31
11.3.1.	Vyšetření Visiotestem a speciálními testy.....	32
12.	Experimentální část	38
13.	Diskuze	53
14.	Závěr.....	57
	Seznam použité literatury	58
	Seznam symbolů a zkratek	62
	Seznam obrázků a grafů	63
	Seznam tabulek.....	65

1. Úvod

Práce se zabývá měřením zraku řidičů pomocí různých metod. Hlavní důraz bude kladen na porovnání subjektivních metod měření zraku oproti měření na přístroji Visiotest. Porovnáním výsledků měření bude možné prokázat či vyvrátit spolehlivost a přesnost měření přístrojem Visiotest.

V dnešní době počet řidičů stále narůstá a spolu s tím se zvyšuje i počet vyšetření, která by řidiči měli absolvovat. Zároveň však lidé velice často opomíjejí kontroly u oftalmologa, kde by jim bylo poskytnuto kompletní vyšetření jejich zraku a možných problémů s ním spojených. Lidé ve skutečnosti častěji navštěvují optometry měřící zrak v optikách, kteří jsou pro ně dostupnější. Ti však, mnohdy z časových důvodů a také kvůli nedostatečné speciální přístrojové vybavenosti v optikách, provádějí jen základní vyšetření refrakce.

Zmíněná situace by se mohla zlepšit díky častějšímu používání přístroje Visiotest, který nabízí sadu vyšetřovacích testů, pomocí nichž se dají zjistit různé kvality zraku, případně jejich nedostatky či poruchy. Výhodou užívání přístroje Visiotest je časová nenáročnost, snadný transport, snadná manipulace s přístrojem a hlavně možnost provedení více testů na jednom přístroji.

Cílem této práce je porovnat přesnost měření přístrojem Visiotest s měřením jednotlivých speciálních testů zaměřených na základní parametry zraku (barvocit, kontrastní citlivost, zorné pole, refrakční stav oka apod.), rešeršně zpracovat tuto problematiku a zhodnotit využitelnost měření přístrojem Visiotest. Práce zahrnuje část teoretickou a část praktickou. Teoretická část práce pojednává o problematice zrakových norem pro řidiče, zrakové ostrosti, základních typech refrakčních vad, barvocitu, stereoskopickém vidění, zorném poli, kontrastní citlivosti, heteroforii a přístroji Visiotest. Praktická část práce se věnuje vyšetřením na Visiotestu, vyšetřením speciálními metodami a analýze naměřených výsledků.

Ověřené výsledky by mohly posloužit širšímu využití přístroje Visiotest v praxi a upozornit na možné různé poruchy zraku, které by se tímto mohly včas podchytit či odhalit ještě před zásahem oftalmologa.

2. Zrakové normy pro řidiče v ČR

2.1. Zdravotní způsobilost řidičů

V České republice se zdravotní způsobilost řidičů motorových vozidel řídí vyhláškou číslo 277/2004 sbírky zákonů, přičemž tato vyhláška byla novelizována v roce 2015. Tato vyhláška stanovuje všechny zdravotnické normy včetně zrakových a zároveň pojednává o omezeních a popisu zdravotních stavů vylučujících možnost účastnit se dopravního provozu. Vyhláška rozděluje řidiče do dvou skupin, přičemž do skupiny 1 patří běžní řidiči motorových vozidel (s řidičským oprávněním pro skupinu vozidel AM, A1, A2, A, B1, B, B+E) a do skupiny 2 profesionální řidiči z povolání (s řidičským oprávněním pro skupinu vozidel C1, C1+E, C, C+E, D1, D1+E, D, D+E a T). [33]

Jednou z podmínek pro získání řidičského průkazu je absolvování zdravotní prohlídky u obvodního lékaře a získání posudku o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel. [35]

Řidiči jsou dále povinni podstoupit kontrolní lékařskou prohlídku platící pro skupinu 1 ve věku 65 let, 68 let a poté každé dva roky. Pro skupinu 2 platí povinná zdravotní prohlídka od zahájení činnosti každé dva roky do 50 let a poté každý následující rok. V odůvodněných případech může lékař doporučit další lékařskou prohlídku i v kratším časovém intervalu, než je dáno zákonem. [35]

2.2. Optické pomůcky při řízení

V případě, že lékař doporučí řidiči používání korekční pomůcky při řízení, musí být tato pomůcka zaznamenána v řidičském průkazu daným harmonizačním kódem. Každý harmonizační kód je charakterizován číslem v rozmezí 0-99, přičemž optické pomůcky jsou zahrnuty pod kódem 01. Přehled harmonizačních kódů shrnuje Tabulka 2.1. [34]

Tabulka 2.1: Přehled harmonizačních kódů optických pomůcek

0.1 Ochrana nebo korekce zraku	
01.01	Brýle
01.02	Kontaktní čočky
01.03	Ochranné brýle
01.04	Brýle snižující prostupnost světla
01.05	Oční okluzor
01.06	Brýle nebo kontaktní čočky

2.3. Kategorizace omezení řidičů

Vyhláška č. 277/2004 Sb. vymezuje stavy zraku vylučující možnost účastnit se dopravního provozu a také vymezuje stavy zraku ovlivňující bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. V případě stavu omezujícího bezpečnost při řízení je nutné podstoupit další odborná specializovaná vyšetření. Veškerá omezení se řídí kritérii odlišnými pro skupinu řidičů 1 a 2, přičemž pro skupinu 2 platí přísnější normy stavu zrak. Zrak řidičů skupiny 2 je hodnocen mnohem přísněji z důvodu očekávání většího bezpečnostního rizika, protože řídí často a řídí i vozidla o velkém rozměru nebo vysoké hmotnosti. [33]

2.3.1. Zdravotní stav vylučující možnost provozu pro skupinu 1

Pro hodnocení zraku skupiny 1 vylučující možnost řízení platí následující hraniční normy:

- binokulární zrková ostrost menší než 0,5 (i s korekcí)
- monokulární zrková ostrost menší než 0,5 (pokud má funkční jen jedno oko)
- po ztrátě zraku na jednom oku nesmí řidič půl roku řídit
- horizontální zorné pole menší než 120°
- stranové zorné pole menší než 50°
- vertikální zorné pole a změny v centrálním zorném poli menší než 20°. [33]

2.3.2. Zdravotní stav vylučující možnost provozu pro skupinu 2

Pro hodnocení zraku skupiny 2 vylučující možnost řízení platí následující hraniční normy:

- binokulární zrková ostrost menší než 0,5 (i s korekcí)
- monokulární zrková ostrost menší než 0,8 na lepším oku, na horším oku menší než 0,1
- po ztrátě zraku na jednom oku je zakázáno řídit
- horizontální zrkové pole menší než 160°
- stranové zorné pole menší než 70°
- vertikální zorné pole a změny v centrálním zorném poli menší než 30°
- při hypermetropické refrakční vadě (korekce vyšší než +8D)
- při nízké kontrastní citlivosti
- při výskytu diplopie. [33]

2.3.3. Zdravotní stav ovlivňující bezpečnost provozu pro skupinu 1

Pro hodnocení zraku skupiny 1 ovlivňující bezpečnost provozu na pozemních komunikacích platí následující hraniční normy:

- binokulární zrková ostrost menší než 0,7 (i s korekcí)
- monokulární zrková ostrost menší než 1,0 (pokud má funkční jen jedno oko)
- po ztrátě zraku na jednom oku nesmí řidič půl roku řídit
- při jakékoli změně zorného pole
- při poruše vidění za šera
- při poruše barvocitu. [33]

2.3.4. Zdravotní stav ovlivňující bezpečnost provozu pro skupinu 2

Pro hodnocení zraku skupiny 1 ovlivňující bezpečnost provozu na pozemních komunikacích platí následující hraniční normy:

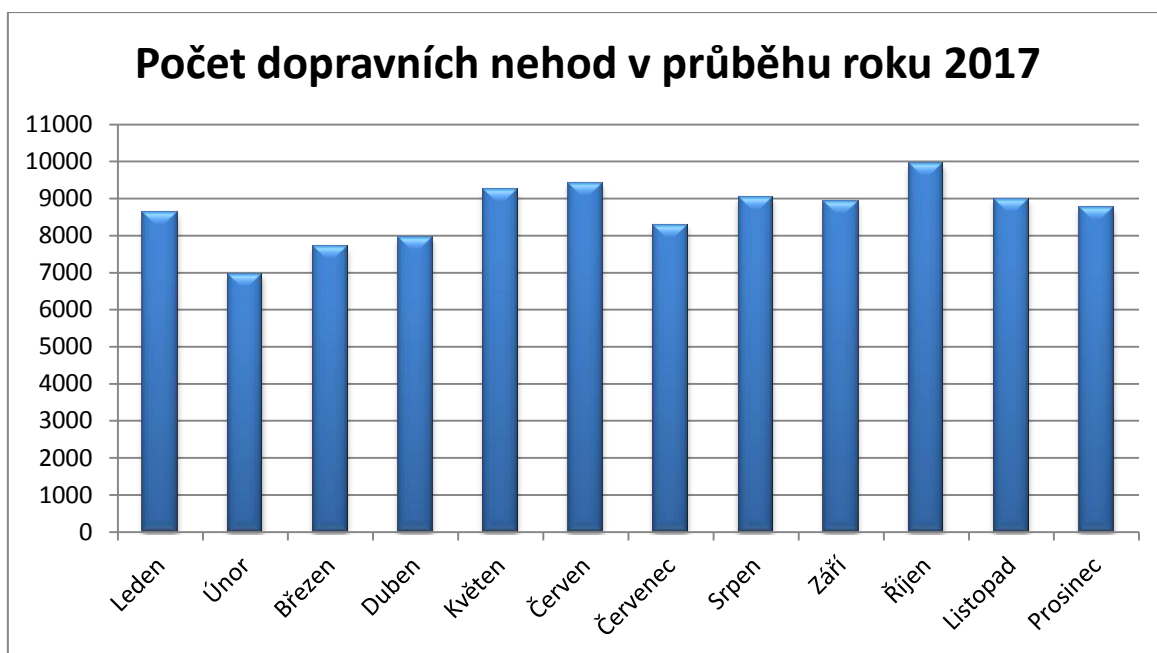
- binokulární zrková ostrost menší než 0,7 (i s korekcí)
- monokulární zrková ostrost menší než 1,0 (pokud má funkční jen jedno oko)
- po ztrátě zraku na jednom oku nesmí řidič půl roku řídit
- při jakékoli změně zorného pole
- při poruše vidění za šera
- při poruše barvocitu
- při poruše prostorového vidění. [33]

2.4. Zrkové potíže řidičů

Každé řízení auta vyžaduje neustálé sledování situace okolo vozidla, udržení pozornosti i rychlou reakci na nepředvídané události. Podle Národní rady bezpečnosti závisí až 90% reakcí řidiče na zraku. Většinu informací o situaci silničního provozu totiž člověk vyhodnocuje právě prostřednictvím zraku. Moderní auta jsou sice vybavena různými bezpečnostními prvky (jako ABS, adaptivní tempomat, kontrola mrtvého úhlu apod.), nicméně řidiče s poruchou zraku žádné z těchto bezpečnostních opatření neochrání. Podle policejních statistik za rok 2017 policie šetřila 103821 dopravních nehod, přičemž došlo k úmrtí 502 osob a 2339 osob bylo vážně zraněno. V průměru tedy policie každý den vyšetřovala přibližně 284 nehod. Není přesně známo, kolik nehod vzniklo v důsledku nedostatečných zrkových funkcí řidiče, avšak právě tento faktor se řadí k nejčastějším příčinám vzniku dopravní nehody. [6, 15]

K nejčastějším očním vadám ohrožujícím řidiče patří vady způsobující různou míru rozostření (krátkozrakost, dalekozrakost či astigmatismus). Při zhoršené zrkové ostrosti

řidiči často nepředvídatelně zpomalují, aby měli například více času na rozpoznání dopravních značek. Ohrožení představuje také nesprávný odhad vzdálenosti, obzvláště ve vyšších rychlostech. Lidé se zhoršeným prostorovým viděním totiž mívají potíže s odhadnutím rychlosti jízdy ostatních vozidel. Hrozbu představuje též noční myopie, poruchy zorného pole a další. Přehled o počtu dopravních nehod za rok 2017 shrnuje Graf 2.1.[6, 15]



Graf 2.1: Počet dopravních nehod v průběhu roku 2017

3. Zraková ostrost

3.1. Zraková ostrost a faktory, které ji ovlivňují

Zraková ostrost, tj. vizus, určuje kvalitu vidění. Tato schopnost je podmíněna rozlišovací schopností oka a refrakčním stavem oka. Zraková ostrost je ovlivňována fyzikálními faktory (zejména vadami optického aparátu), fyziologickými faktory (hustotou a velikostí receptorů na sítnici, difrakcí a rozptylem světla, expoziční dobou, velikostí pupily, adaptačním stavem oka) a též vlastnostmi předmětu (jeho jas, kontrastu oproti okolí a vzdálenosti předmětu od sítnice). Vlivem zvyšování intenzity osvětlení do 100 luxů se kvalita zrakové ostrosti zvyšuje, do 1000 luxů kvalita zůstává stejná a při navýšení nad 1000 luxů začne klesat kvůli oslnění. Na kvalitě zrakové ostrosti se podílejí i psychické vlivy ve smyslu pozornosti. [1, 24]

Kvalita zrakové ostrosti závisí také na věku člověka, protože s přibývajícím rokem se snižuje maximální možná zraková ostrost oka. Toto zhoršení je zapříčiněno fyziologickými i patologickými změnami sítnice, rohovky, čočky a sklivce v průběhu života. [18]

Obecně je vidění oběma očima lepší než pouze jedním, protože vzniká tzv. binokulární sumace obrazu oka levého a pravého, díky čemuž se zmenší fixační pohyby očí a kompenzují se chyby zobrazení. Místem nejostřejšího vidění je centrum žluté skvrny (macula lutea), jelikož právě tam je největší nahuštění čípků (fotoreceptorů). Směrem k periférii četnost výskytu čípků klesá, a tudíž se snižuje i zraková ostrost (v periférii je až 20x nižší). Zrakovou ostrost charakterizuje mez rozlišovací schopnosti oka. [1, 2]

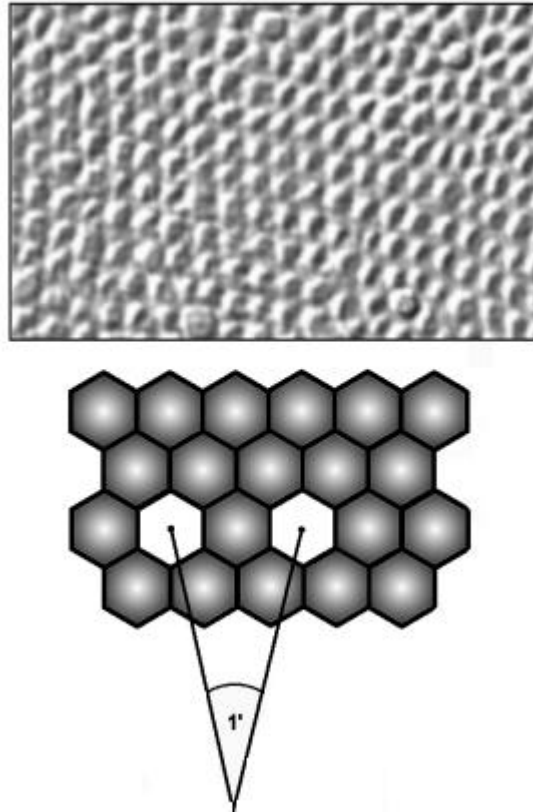
3.2. Rozlišovací mez oka

Vlnová povaha světla způsobuje, že se na sítnici emetropického oka bod zobrazuje jako malý difrakční kroužek. Rozlišovací mez oka (lat. minimum separabile) je schopnost oka odlišit dva co nejbližší ležící body. Ve fovea centralis tvoří čípky svým uspořádáním pravidelnou mozaiku políček. Hustota čípků je u každého člověka jiná, tudíž jedinec má různou maximální mez rozlišení oka. Minimum separabile lze definovat jako okamžik, kdy dojde k podráždění světlem ob jeden čípek, přičemž mezi nimi je nestimulovaný čípek, což za fyziologických podmínek odpovídá minimálnímu rozlišovacímu úhlu 1'. Průměr čípku je totiž přibližně 0,005 mm a vzdálenost sítnice od obrazového bodu oka se udává asi 17 mm, tudíž úhlová vzdálenost obou právě ještě rozlišitelných bodů se rovná 1'.

$$\Psi = 0,005/17 = 0,0003 \text{ rad} = 1'$$

Ψ – minimum separabile

[1, 8, 10, 18, 20, 24, 29]



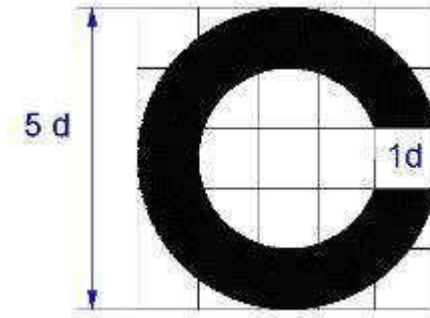
Obr. 3.1: Minimum separabile

3.3. Optotypy

Zraková ostrost se vyšetřuje pomocí skupiny znaků umístěných v konkrétní vyšetřovací vzdálenosti, tzv. optotypů. Jedná se o písmena, čísla či jiné speciální znaky různých velikostí konstruovaných podle jednotného principu. Každý optotyp je zaznamenán do čtvercové sítě o velikosti 5x5 jednotek a platí, že šířka jeho čar i tloušťka mezer mezi nimi se rovná jedné jednotce (odpovídá 1'). Podle vzdálenosti pozorování a jeho úhlové velikosti se pak vypočítá skutečná velikost optotypu. Čtverec s písmenem se zobrazí z určité vzdálenosti na sítnici pod úhlem 5'. Jednotlivé znaky jsou sestaveny do tabulky a řazeny od největšího po nejmenší, což umožňuje vyhodnocení kvality dosaženého vizu. Číslo na kraji řádku pak vždy určuje největší vzdálenost, kterou by zdravé emetropické oko mělo být schopno rozlišit. [7, 19, 25]

Vizus pomocí vyšetření na optotypu vypočítáme následovně:

$$V = \frac{\text{vzdálenost vyšetřovaného od optotypu [m]}}{\text{číslice po boku řádku, který vyšetřovaný ještě četl}} \quad [2]$$

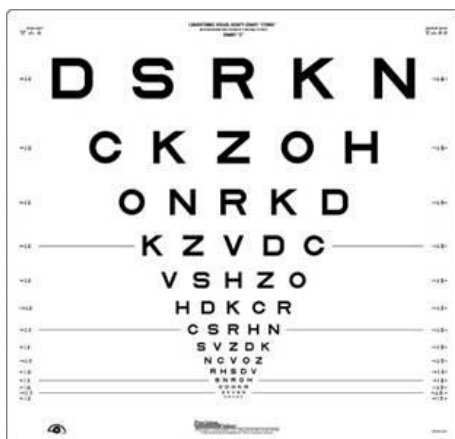


Obr. 3.2: Konstrukce optotypu

3.4. Zraková ostrost do dálky a její vyšetření

Vyšetření zrakové ostrosti do dálky se provádí většinou ze vzdálenosti 6 m, která se uvádí jako minimální vhodná vzdálenost pro vyloučení akomodace oka. V dnešní době se k tomuto vyšetření užívají optotypy světelné nebo projekční. Nejčastěji se v praxi používají optotypy s písmeny a číslicemi, tzv. Snellenovy optotypy. [10,18]

Vyšetření probíhá tak, že klient nejprve čte na dálku bez korekce každým okem zvlášť (obvykle nejdřív pravým, poté levým) a vyšetřující provádí zápis. Při vyšetření jednoho oka je důležité dbát na úplné zakrytí druhého oka, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Poté vyšetříme vizus oběma očima najednou, tedy binokulárně. Vyšetřující vždy zaznamená tzv. vizus naturalis, tedy nejmenší velikost znaků, kterou pacient přečte s jistotou bez chyby a bez váhání. Po vyšetření zrakové ostrosti do dálky se provádí vyšetření vizu do blízka. [18]



Obr. 3.3: Logaritmický typ optotypu do dálky



Obr. 3.4: Aritmetický typ optotypu do dálky

3.5. Zraková ostrost do blízka a její vyšetření

Vyšetření vizu do blízka vychází z obdobných podmínek jako testování do dálky, avšak je nutno upravit úhlovou velikost optotypů s ohledem na danou vzdálenost 40cm. Hlavním cílem vyšetření je vyzkoušet schopnost číst a vykonávat práci s jemnými detaily. V testování zraku do blízka se používají tabulky se souvislým textem, v němž jsou jednotlivé odstavce psány různou velikostí písma a zároveň číselně označeny. Jednotlivá písmena textu mají poměr šířky ku výšce 5:7, čemuž odpovídají pořadová čísla odstavců. Vyšetřující vždy zaznamená číslo nejmenšího odstavce, který pacient souvisle čte z dané vzdálenosti. K testování se dnes užívají nejčastěji Jägerovy tabulky. [18,19,23]

0.37 M	I walked up the street, going about, until near the market house I met a boy with bread. I had made money a great deal, and when the street was full of people, I took the boy's and asked for bread. He took the bread from me, and gave me a penny loaf, and was still the same old man, not knowing	J 2
0.50 M	the difference of money and the greater cheapness I had him give me three penny worth of any sort. He gave me three penny worth. I was surprised at the quantity but I took it, and walked off with a roll under each arm. Then I walked up Market Street as far as Fourth Street, passing by the house	J 3
0.62 M	of Mr. Read, my future wife's father. She, standing at the door, saw me and thought I made a most awkward appearance, as I certainly did. Then I turned and went down Chestnut Street and a part of Walnut Street. Being filled with one of my rolls, I gave the other two to a woman	J 4
0.75 M	and her child. By this time the street had many clean and well dressed people in it, all walking the same way. I joined them and was led into the great meeting house of the Quakers'. I sat down among them and after looking around a while and hearing nothing said,	J 5
1.00 M	I fell fast asleep. This was the first house I was in, or slept in, in Philadelphia. Looking in the faces of people, I met a young man whose countenance I liked, and asked	J 7
1.25 M	if he would tell me where a stranger could get lodging. "Here", and he, "is one place that entertains strangers."	J 8

Obr. 3.5: Čtecí karta – Snellenův a Jägerův zápis

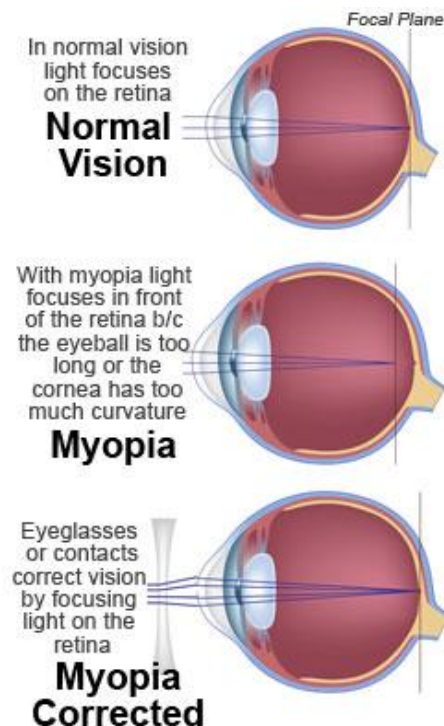
4. Základní typy refrakčních vad

4.1. Myopie

Myopie (krátkozrakost) je refrakční vada, při níž se rovnoběžné paprsky po průchodu optickým aparátem v klidu sbíhají v ohnisku před sítnicí. Na sítnici tak dopadá kužel rozbíhající se paprsků vytvářející rozostřený sítnicový obraz vzdáleného objektu. Vzdálený bod (punctum remotum) leží v konečné vzdálenosti, tudíž myop vidí dobře na blízkou vzdálenost. Nejčastější příčinou vzniku myopie je zvětšená předozadní vzdálenost oka, tedy větší než běžná délka 24 mm. V tomto případě se jedná o axiální myopii. Dalším možným případem je myopie ze zvýšeného zakřivení rohovky nebo zvětšeného zakřivení přední nebo zadní plochy čočky. [3,18,19,32]

Korekce myopie je možná pomocí rozptylných čoček, nicméně musí se hlídat, aby nedošlo k překorigování pacienta, při němž by akomodoval bez konvergence. Korekci umožňují jak brýlové čočky, tak i kontaktní čočky. V případě myopie do -6 D existuje i možnost korekce chirurgickým zákrokem pomocí excimerových laserů. [1]

Vyšetření myopie vychází z vyšetření zrakové ostrosti na optotypech, kdy při předložení plusových čoček se zraková ostrost zhorší a při předložení minusových čoček se zraková ostrost zlepší. [10,19]

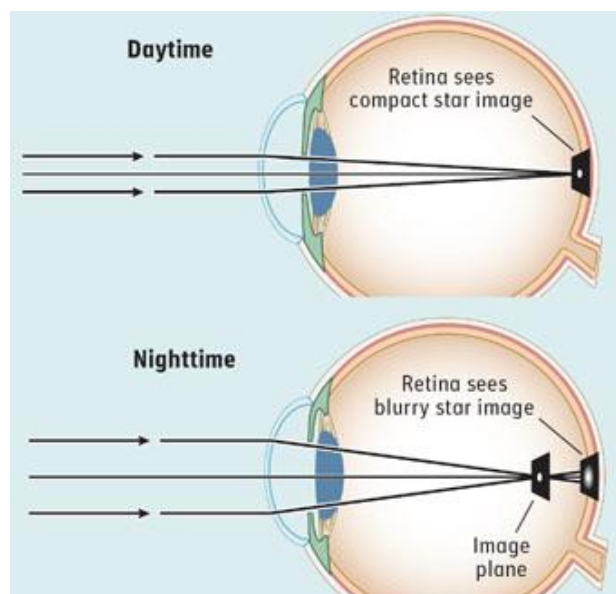


Obr. 4.1: Porovnání zdravého oka, myopického oka a myopického zkorigovaného oka

4.2. Noční myopie

4.2.1. Vznik noční myopie

V dnešní době se hlavně u řidičů motorových vozidel stále více setkáváme s pojmem noční myopie. Tento stav vzniká v podmínkách se sníženou světelnou intenzitou, při níž se oko stává relativně krátkozrakým. Nastává situace, že daleký bod se přibližuje k oku a zároveň se blízký bod od oka vzdaluje, akomodační šíře se tak zužuje. Při noční myopii tedy dochází k posunu refrakce oka o 0,5-4,0 D směrem k myopii. Pokud dojde k poklesu osvětlení na hodnotu $0,03 \text{ cd/m}^2$, dochází ke změnám dioptrické síly oka i u jinak zcela zdravého oka. [1, 13, 14]



Obr. 4.2: Porovnání vidění ve dne a v noci

4.2.2. Hlavní příznaky noční myopie

K hlavním symptomům noční myopie patří:

- v prostředí s nízkou světelnou intenzitou dochází k rozostřenému (neostrému) vidění do dálky a snížení zrakové ostrosti
- obtíže při vidění nastávají při přechodu z prostředí světelného do prostředí, kde je světelná intenzita snížena
- dojde ke změnám vnímání obrazu, kdy se nám obraz začne jevit rozmazaný, zešedlý a změní se i vnímání detailů předmětu
- člověk není schopen rozeznat přesně ohraničený tvar předmětu, který pozoruje v periferii a vidí pouze jeho přibližný obrys

- dochází k rozostření okrajů pozorovaných předmětů, zejména u kruhovitých či oválných předmětů
- pozorovatel může vnímat paprsky vycházející z pozorovaného předmětu v různých směrech, což ho může oslnit. [14,27,30]

4.2.3. Faktory ovlivňující vznik noční myopie

Na vzniku noční myopie se podílí řada rozličných faktorů. Hlavními činiteli jsou:

Sférické aberace - vznikají na principu změny pozice ohniska paprsků, kdy paprsky okrajové mají ohnisko blíže rohovce než paprsky centrální. Tato změna tak může navodit myopizaci oka, a tedy i bod svítící monochromaticky a zobrazující se jako bodový obraz se může změnit v rozptýlný kruh.

Chromatická aberace - způsobuje ji disperze světla (k čemuž dochází, dopadne-li na optické rozhraní dvou prostředí bílé světlo). V momentě, kdy přitom dojde k lomu světla, se bílé světlo rozloží na barevné složky a bílé okraje světla se zbarví. Vzniká tzv. barevná vada polohy a barevná vada velikosti.

Purkyňův jev - mění vnímání relativní citlivosti oka k barvám. Maximální hranice této citlivosti se posouvá ke kratším vlnovým délkám odpovídajícím modrozelené oblasti barevného spektra. Klientovi tedy bude při slabém osvětlení připadat obrazec v modré barvě světlejší než červený, zatímco při denním světle by mu připadal tmavší.

Ve tmě nebo v prostředí se sníženým osvětlením, ve kterém oko nemá žádný adekvátní akomodační stimul, dochází k navození klidového tonického stavu akomodace. Oči jsou schopny zaostřit před sebe maximálně na 3 m, předměty v delší vzdálenosti člověk vnímá rozmazaně. V takovém případě se i emetropické oko dočasně stává krátkozrakým. [1,13,14,27]

4.2.4. Vyšetření noční myopie

Vyšetření noční myopie lze provést pomocí speciálního přístroje Badalova optometru. V praxi se však více používá klasických metod vyšetření, zahrnujících na prvním místě anamnézu. Právě při anamnéze se noční myopie odhalí nejčastěji, je proto nutné provádět ji pečlivě a důkladně pacientům naslouchat. [14,27,30]

Při samotném testování zůstává nejprve vyšetřovaná osoba 20 minut ve tmě, aby se oko přizpůsobilo nižšímu jasů nočního zorného pole. Poté vyšetřovanému předložíme bílý bodový test. V případě že pacient nevidí svítivý bod (kruh) ostře a vidí kolem něj stíny či odlesky,

můžeme předpokládat výskyt noční myopie. Klientovi s touto vadou binokulárně předkládáme sférické dioptrie $-0,25$ D před každé oko. Tuto hodnotu pak postupně zvyšujeme o $-0,25$ D do té doby, dokud klient není schopen kruh vidět ostře a bez oslnění. Jako alternativu můžeme stejný test provést i s bíle osvětleným písmenem C. [14,27,30]

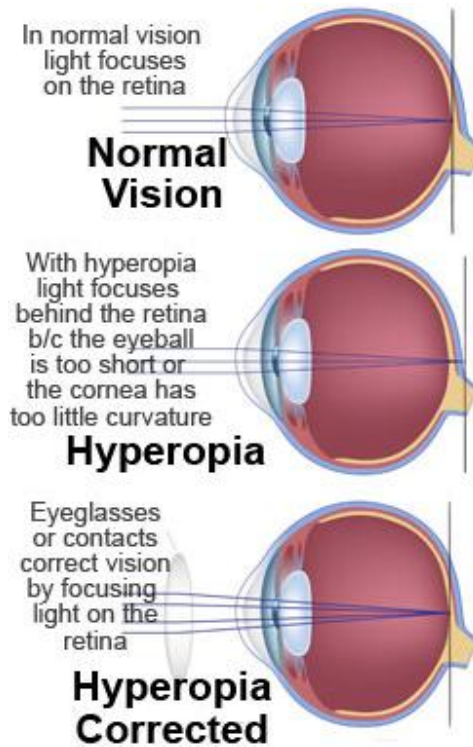
4.3. Hypermetropie, metody vyšetření

Hypermetropie, též dalekozrakost lze definovat jako refrakční vadu, při níž ohnisko dopadajících paprsků oka v akomodačním klidu leží za sítnicí. Paprsky vstupující rovnoběžně do oka se tak na sítnici nespojí a vzniká neostřý obraz z rozptýlených paprsků. Punctum remotum hypermetropa je v nekonečnu, a proto hypermetropické oko v klidu nemůže vidět jasně a musí pomocí akomodace zvyšovat lomivost čočky při pohledu do dálky a ještě víc do blízka. [18,19]

Každý člověk se fyziologicky rodí mírně hypermetropický s předozadní délkou oka okolo 18 mm a poté by se tato vzdálenost měla zvětšovat, dokud nedosáhne velikosti emetropického oka. Příčinou hypermetropie bývá právě menší vzdálenost předozadního průměru oka. Pokud se předozadní délka oka změní o 1 mm, vzniká změna refrakce asi o 3,0 D. [1]

U pacientů s hypermetropií je třeba při korekci individuální přístup. Obecně se hypermetropie dá korigovat pomocí spojných čoček u brýlových skel nebo kontaktních čoček. Při korekci se vždy musí zohlednit stupeň hypermetropie, akomodační šíře, zraková ostrost, věk, potíže a postavení očí. U dětí bez větších obtíží malou vadu nekorigujeme, u těch s větší vadou či u šilhajících dětí se vada koriguje. U dospělých bez obtíží se provádí korekce až od $+3,0$ D. U jedinců vidících špatně do dálky korigujeme zrak pomocí nejsilnějších spojek, s nimiž ještě vidí ostře. Hypermetropii lze korigovat i chirurgicky pomocí přemodelování rohovky laserem. Chirurgické řešení se snaží zvýšit refrakční mohutnost rohovky nebo čočky (povrch rohovky se mění na strmější a čočku lze vyměnit za implantát s vyšší dioptrickou mohutností). [1,12,20]

Vyšetření hypermetropie vychází z vyšetření zrakové ostrosti na optotypech, kdy se zraková ostrost zlepšuje při předložení plusových čoček nebo se využívá tzv. zamlžovací metody. [1,21]



Obr. 4.3: Porovnání zdravého oka, hypermetropického oka a hypermetropického zkorigovaného oka

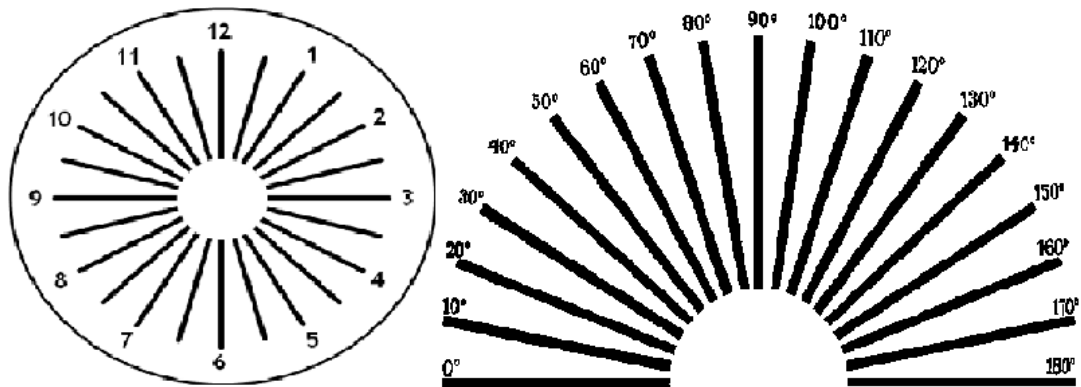
4.4. Astigmatismus, metody vyšetření

Astigmatismus lze definovat jako asférickou refrakční vadu, při níž nemá optický aparát oka ve všech meridiánech stejnou optickou mohutnost. Znamená to, že přicházející rovnoběžné paprsky do oka nemají v různých meridiánech své ohnisko v téže rovině. Astigmatismus tak způsobuje, že paprsky vstupující do oka se nespojují na sítnici do jednoho bodu, avšak do plošky. Vzniká tak rozostřený a deformovaný obraz. [1,18,19]

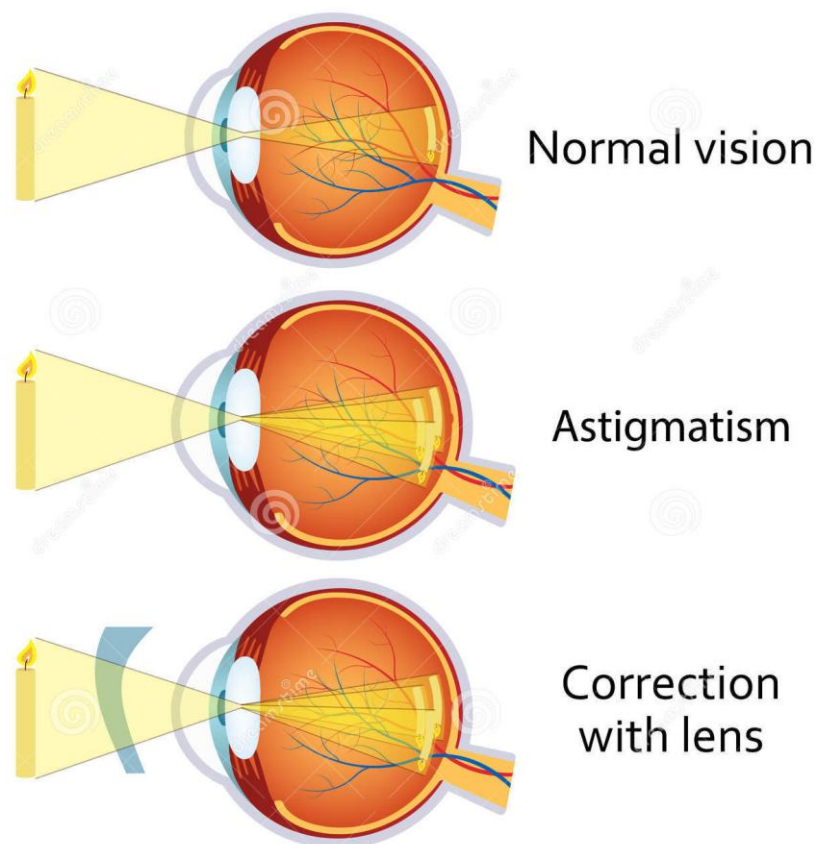
Příčinou vzniku astigmatismu bývá vada zakřivení rohovky nebo čočky. Astigmatismus nemusí nutně postihnout obě oči, jeho výskyt se může objevit jednostranně nebo v rozdílné míře postižení jednoho oka. I v malé míře však astigmatismus snižuje zrakovou ostrost. [1,12]

Cílem korekce astigmatismu je přiblížit body linie tak, že splynou v jeden bod ležící na sítnici. Korekce astigmatismu je možná pomocí brýlové korekce, kontaktních čoček či chirurgickým zákrokem. Plnou korekci je možné aplikovat u dětí, protože jsou adaptabilnější. U dospělých vyzkoušíme nejprve plnou korekci a pozorujeme individuální snášenlivost klienta. V případě nesnášenlivosti plné korekce je třeba přizpůsobit (nejčastěji snížit) hodnotu cylindru a dodržet sférickou kompenzaci. [1,2,32]

Jedním ze způsobů vyšetření astigmatismu je metoda Jacksonova cylindru a bodového testu. Jednodušší a rychlejší metodou orientačního vyšetření astigmatismu je tzv. astigmatický vějíř nebo též astigmatická růžice. Vyšetřovaný má za úkol dívat se doprostřed astigmatické růžice bez korekční pomůcky ze vzdálenosti 1-2 m. Nejdřív pozoruje obrazec jedním okem, poté druhým okem. Pokud se klientovi zdají některé tahy obrazce ostřejší či černější, pak je pravděpodobná možnost výskytu astigmatismu. [32]



Obr. 4.4: Astigmatická růžice



Obr. 4.5: Porovnání zdravého oka, astigmatického oka a astigmatického zkorigovaného oka

4.5. Presbyopie, metody vyšetření

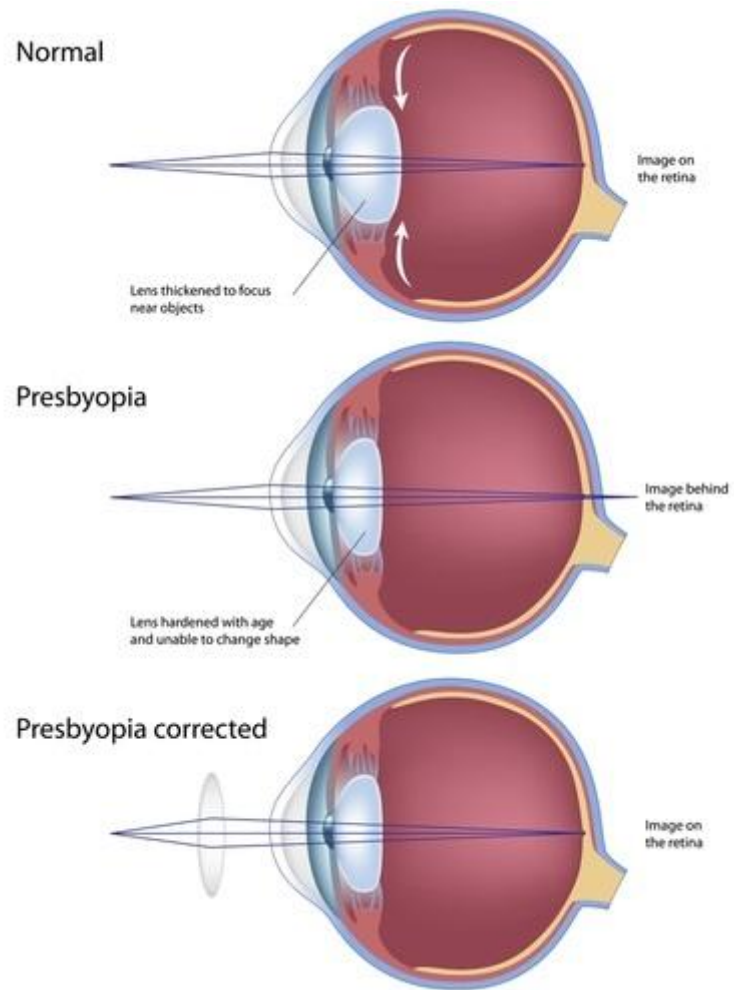
Presbyopii definujeme jako refrakční vadu, při níž akomodační šíře poklesne tak moc, že klient není schopen bez obtíží zvládnout déletrvající zrakovou námahu do blízka. Jedná se o vadu způsobenou stárnutím oka, při které člověk postupně ztrácí akomodační schopnost. V důsledku presbyopie vzniká rozostřené vidění, astenopie a další potíže související s viděním na běžnou pracovní vzdálenost. Presbyopii způsobuje stárnutí všech tkání podílejících se na akomodaci oka. S přibývajícím věkem ustupují svalová vlákna musculus ciliaris před přibývajícím vazivovou tkání a zvětšuje se tloušťka čočkového pouzdra, tudíž se snižuje elasticita a plasticita čočky. Akomodační schopnost oka a sférická aberace oka se tedy postupně mění. Nástup presbyopie postihuje člověka většinou okolo 40. roku života, přičemž bývá nástup urychlen vlivem přítomnosti refrakčních vad. [1,2,18,20,29]

Řešení presbyopie je možné pomocí korekčních čoček umožňujících získat dostatečnou rezervu akomodace. Korekce presbyopie se přitom musí řídit dvěma základními podmínkami, a to:

- 1) přihlížet při předpisu k požadované pracovní vzdálenosti klienta
- 2) vycházet z obecné tabulky doporučující přidání hodnoty pro vidění do blízka a zároveň tuto hodnotu upravit podle individuálních potřeb jedince.

Cílem presbyopické korekce je udržení souhry mezi akomodací a konvergencí, proto předepisujeme nejslabší vhodné čočky, jež jsou pro klienta snesitelné a v nichž dobře a pohodlně vidí. [1,2]

Vyšetření presbyopie vychází z vyšetření zrakové ostrosti do dálky, kdy ve zkušební obrubě necháme potřebnou korekci pro vidění do dálky. Klient poté uchopí Jägerovu čtecí tabulku a nastaví ji do obvyklé čtecí vzdálenosti (30-40 cm). Vyšetřující přidá do obruby potřebou adici tak, aby klient dokázal zaostřit a pohodlně přečíst potřebný řádek. [1,36]



Obr. 4.6: Porovnání zdravého oka, presbyopického oka a presbyopického zkorigovaného oka

5. Barvocit

5.1. Barevné vidění

Barevné vidění lze charakterizovat jako složitý proces, při kterém dochází ke schopnosti rozpoznávat barvy. Předpokladem pro tuto funkci je neporušená činnost oka, zrakové dráhy a příslušných mozkových center. Samotná schopnost rozpoznávat barvy je možná díky čípkům v sítnici. Tyto fotoreceptory obsahují látky citlivé na světlo a můžeme je podle toho rozdělit do tří skupin. První skupina obsahuje pigment, jehož absorpční maximum je 440-450 nm (oblast modrá), druhá skupina obsahuje pigment s absorpčním maximem 535-555 nm (oblast zelená) a třetí skupina s absorpčním maximem 570-590 nm (oblast žlutá nebo červená). Vzhledem k uspořádání čípků v sítnici je žlutá skvrna místem nejlepšího vnímání barev, přičemž směrem k periférii tato schopnost klesá (postupně pro barvu zelenou, poté červenou a následně modrou). [2,19]

Fyziologicky je člověk schopen vnímat v rozsahu viditelného světla až 150 barev a celkově dokonce až 2000 odstínů. Podstatou vzniku barevného vjemu je podráždění sítnice zářivou energií světla o různé vlnové délce a jejich vzájemným míšením. Funkce čípků je však omezena mírou osvětlení. Pokud by osvětlení bylo příliš intenzivní, přestal by člověk vnímat barvy od dlouhovlnného konce spektra ke krátkovlnnému a po překročení prahové hodnoty čípků přestávají vykonávat svou funkci, a tedy není možné barvy rozeznat. Barvocit je tedy ovlivněn hladinou okolního osvětlení, přičemž ve dne se jeví jako nejintenzivnější a nejjasnější oblast spektra s vlnovou délkou okolo 550 nm (žlutozelená barva). V noci, za tyčinkového vidění, se spektrální citlivost oka přesouvá k hodnotě okolo 507 nm (modrá oblast). [2,19,26]

5.2. Poruchy barvocitu

Existuje více možných poruch barevného vidění. Obecně se frekvence výskytu těchto poruch odhaduje na 8,5%, přičemž 8% postihuje muže a pouze 0,5% ženy. Většina z nich vzniká jako vrozená vada, která má většinou dědičný charakter recesivního typu vázaný na X chromozom. Získané poruchy barvocitu se objevují hlavně ve stáří (zejména při neuropatii, sítnicovém zánětu, kataraktě, glaukomu apod.) z důvodu změněné průhlednosti optických prostředí, postižení zrakové dráhy atd. [2,19]

V případě že člověk nedokáže rozeznat žádné barevné tóny, popřípadě rozezná jen některé, označujeme tuto poruchu jako barvoslepost úplnou či částečnou. Úplná barvoslepost,

těž achromatopsie, znamená pro člověka vnímání obrazu černobíle s různými stupni jasu. U částečné barvosleposti rozlišujeme, jaký vjem ze základních tří barev chybí. Vjem, při němž chybí schopnost vnímat červenou barvu, se nazývá protanopie. Vjem, kdy chybí zelená barva, označujeme deuteranopie a pokud chybí barva modrá/fialová, nazýváme poruchu tritanopie. Málokdy se však setkáme s poruchou, kdy jedna barva chybí úplně. Častěji dochází spíše k jejich sníženému vnímání (tzv. protanomálie, deuteranomálie, tritanomálie). Při úplné barvosleposti většinou dochází i ke zhoršení zrakové ostrosti, hypoplasii žluté skvrny, nystagmu a světloplachosti. Porucha barvocitu tedy může podmínit vznik mnoha dalších poruch. [2,19,32,37]

5.3. Korekce poruch barvocitu

Poruchy barvocitu patří k vadám, u kterých je korekce možná pouze u některých případech, kdy vada není tak rozsáhlá. Korekci provádíme pomocí speciálních barevných filtrů monokulárně nebo binokulárně, kdy barevný filtr předkládáme před nedominantní oko a poté porovnáme celkový vjem obou očí před korekcí a po korekci. Na tomto principu jsou založeny tzv. ChromaGen kontaktní čočky. Ani tato korekce ovšem není ideální a pouze se snaží nahradit porušenou barvu. [5,9]

5.4. Metody vyšetření barvocitu

Vyšetření barvocitu lze provést různými způsoby, buď pomocí jednoduchých pomůcek, nebo pomocí přístrojové techniky. Chceme-li vyšetření provést jednodušší metodou, využijeme při něm barevných světelných signálů na tzv. Worthových světlech (barva červená, zelená a bílá). Další možností na podobném principu je využití Holmgrenových bavlněk, kdy má vyšetřovaná osoba před sebou krabici s větším množstvím bavlněk s různými odstíny a sytostí barev, mezi kterými musí vybrat bavlnky se stejným tónováním. [19,26,32]

Standardní metodou při vyšetřování barvocitu je použití pseudoizochromatických tabulek. Tyto tabulky primárně slouží k rychlému předběžnému vyšetření. Základem je vždy skryté číslo, geometrický znak či písmeno, složené z jednobarevných bodů s různou hodnotou jasu. Skrytý znak přitom obklopují různobarevné body s různým jasnem, takže vyšetřovaná osoba bez poruchy barvocitu dokáže podle barevného tónu odhalit skrytý znak. Člověk s poruchou barvocitu není schopen poruchu objevit, protože se v obrázku orientuje jen podle jasu. [19,26]



Obr. 5.1: Pseudoizochromatické tabulky

Vyšetření barvocitu je možné provést i pomocí přístrojové techniky tzv. Nagelovým anomaloskopem. Pomocí tohoto zařízení vyšetřovaná osoba porovnává dvě poloviny zorného pole, přičemž v jedné z nich se nachází žlutá barva a ve druhé proměnlivá směs červené a zelené barvy. Vyšetřovaný pomocí šroubů na přístroji mění směs barev ve druhém poli s cílem dosáhnout v obou polích stejného barevného tónu. Podle poměru přidaných barev lze poznat, zda se u vyšetřovaného vyskytuje porucha barvocitu. [19,26,32]

6. Stereoskopické vidění

6.1. Prostorové vidění

Prostorové vidění umožňuje vnímat předměty trojrozměrně (jejich vzdálenost i hloubku v prostoru). Tento vjem zprostředkovávají obě oči a mozek (vyhodnocující a sjednocující rozdíl mezi vnímanými obrazy z obou očí). Předpokladem dobrého prostorového vidění je proto spolupráce obou očí. V případě, že obě oči vidí stejný obraz (tzv. simultánní percepce) a mozek obrazy obou očí překrytím spojí v jeden obraz, dojde ke vzniku stereopse (hloubkového vjemu). Mozek dokáže vytvořit hloubkový vjem díky tomu, že se oči nachází v určité vzdálenosti od sebe, pohledové osy nejsou zcela stejné, a tak i obrazy na sítnicích obou očí se mírně liší. Díky těmto odlišnostem vzniká prostorový hloubkový vjem a člověk rozeznává předměty vzdálenější a bližší. Někteří autoři považují stereopsi za tzv. nejvyšší stupeň binokulárního vidění. [1,16,20,29,32]

6.2. Metody vyšetření stereoskopického vidění

Prostorové vidění je možné vyšetřit pomocí několika typů testů, při nichž je třeba odlišit obraz pravého a levého oka. Využívají se přitom metody polarizace, mechanické separace obrazu či anaglyfická metoda. Stereotesty v různých variantách jsou tabulky, které jsou polarizované a vyšetření probíhá zhruba ze 40 cm. Stereotesty jsou také součástí optotypů pro vyšetření prostorového vidění do dálky, proto se při testování nasazují klientovi polarizační brýle a docílí se tak prostorového vnímání daného test. Kvantitativní vyšetření stereopse se provádí např. pomocí Langova testu či Random Dot Stereotestu. Poruchy stereopse nelze upravit korekcí. Je však prokázáno, že cvičením a zrakovým tréninkem očí je možné tuto funkci zdokonalit. [4,16,32]

7. Zorné pole

7.1. Zorné pole

Zorné pole lze definovat jako souhrn všech zrakových podnětů, které člověk vnímá při fixaci hlavy a těla a zaměření oka na fixační bod. Fixačním bodem je místo středu zorného pole (který je stupněm 0). Můžeme tak označit i část prostoru, kterou vidíme přímým pohledem vpřed jedním okem. Zorné pole rozdělují meridiány, jež prochází fixačním bodem. Monokulární zorné pole je soubor předmětů, které leží v jedné frontálně paralelní rovině a které jsou viditelné nepohybujícím se jedním okem. V případě, že se k tomuto celku přidá hloubková projekce objektů, vytváří se monokulární zorný prostor. [29,29,32]

Zorné pole má značný rozsah, přičemž je v důsledku anatomického uspořádání obličeje asymetrické. V temporální oblasti je nejširší (cca 90° od fixovaného bodu). Nejmenší rozsah zorného pole se naopak nachází v nazální oblasti, v níž dosahuje cca 50-60° (dle velikosti nosu). Rozsah zorného pole závisí na několika faktorech (intenzitě osvětlení, barvě světla a její sytosti či velikosti testovacích značek, velikosti stimulu a jeho trvání). Největší zorné pole náleží bílé barvě, následně žluté a po ní modré, dále červené a nejmenší část zorného pole připadá zelené barvě. Při pohledu oběma očima zároveň se částečně obrazy obou očí překrývají. [28,29,32]

7.2. Poruchy zorného pole

K nejčastějším defektům zorného pole patří výpadky v zorném poli (skotomy) či defekty periferie zorného pole (např. koncentrické zúžení zorného pole). Skotomy se vyskytují ve formě ostrůvků nefunkční sítnice uvnitř zorného pole. Vznik skotomu mohou zapříčinit krvácení do sítnice, zánětlivé či degenerativní změny sítnice, odchlípení sítnice apod. Podle intenzity poruchy rozlišujeme skotomy absolutní (úplné) nebo relativní (částečné). V případě, že si klient výpadek v zorném poli uvědomuje, nazýváme skotom pozitivní. V opačném případě se jedná o skotom negativní. [2,32]

U defektů periferie zorného pole rozlišujeme zúžení zorného pole či hemianopsie (též výpadky poloviny zorného pole). Tyto defekty se většinou vyskytují v souvislosti s onemocněním oka, např. zmíněné zúžení zorného pole je jedním z příznaků zeleného zákalu či pigmentové degenerace sítnice. Hemianopsie vzniká v souvislosti se změnou v místě překřížení dráhy zrakových nervů (tzv. heteronymní) či změnou za tímto překřížením (tzv. homonymní). [2,29]

7.3. Metody vyšetření zorného pole

Zorné pole je možné vyšetřit perimetrií kinetickou či statickou. Největší citlivost sítnice je v centru zorného pole, přičemž se směrem k periférii snižuje. Při kinetické perimetrii pohybuje vyšetřující různě velkou značkou o daném jasu a barvě směrem od periférie k centru po polokulovité ploše (s průměrem 33 cm). Klient umístí hlavu do opěrky, jedno oko je přitom okludováno a druhé oko sleduje fixační značku uprostřed polokoule. Během testování se objevují značky a klient vždy hlásí moment, kdy značku zahlédne. Během vyšetření se postupuje od periférie do centra, začíná se bílými značkami a poté barevnými. V praxi se dnes využívají moderní přístroje s pohyblivými světly. Tímto způsobem vyšetřujeme rozsah zorného pole i případné skotomy apod. [28,29,32]

Statická perimetrie má za úkol zjišťovat individuální prahovou citlivost sítnice na osvit na různých oblastech zorného pole. Cílem je zachytit odchylky od hodnot zdravých jedinců. V praxi se při této vyšetřovací metodě náhodně rozsvěcuje světelná značka o určité intenzitě a velikosti v různých místech vyšetřovací polokoule. Pacient v průběhu vyšetření udává stiskem tlačítka, jestli světlo vidí. Tímto typem perimetrie je možné zjistit lokalizaci a rozsah výpadku zorného pole i jeho hloubku. [28,29,32]

8. Kontrastní citlivost

8.1. Kontrastní senzitivita

Pojem kontrast lze vysvětlit jako rozlišení rozdílů jasu. Kontrast pozorovaného předmětu znamená současně viditelný nebo časově po sobě následující rozdíl ve světelnosti. Existuje v klidu i v pohybu. Dále platí, že rozdíl světelnosti je větší než prahová hodnota, jež závisí na osvětlení, adaptaci, pohybu či stáří sítnice. Citlivost rozlišování totiž patří mezi vlastnosti sítnice. Zmiňovaný práh kontrastu znamená nejmenší viditelný kontrast, který je potřeba k rozlišení dvou různých světelných částí daného objektu. Citlivostí na kontrast tedy rozumíme převrácenou hodnotu prahu kontrastu. [1,4,18,32]

Zrakový systém člověka má schopnost rozkládat obraz na sinusové vlny s různou prostorovou frekvencí. Kontrastní citlivost v nižších prostorových frekvencích charakterizuje klientovu schopnost vnímat tvary a velké objekty. Nižší prostorové frekvence vnímá periferie sítnice, přičemž má vysokou časovou rozlišitelnost. Vysoké prostorové frekvence jsou vnímány centrální částí sítnice, která je velmi citlivá na kontrast. Charakterizuje schopnost klienta vidět linie, okraje a jemné detaily. [1,32]

8.2. Poruchy kontrastní citlivosti

Kontrastní citlivost se zhoršuje s věkem ve všech prostorových frekvencích. Podle typu poškozených smyslových buněk dochází k různým zrakovým poruchám. Může dojít k poruše kontrastní citlivosti ve vysokých prostorových frekvencích (např. u ametropie, onemocnění centrální části sítnice) i v nízkých prostorových frekvencích (u katarakty, decentrované nitrooční čočky). Porucha se však může objevit i v nižších až středních frekvencích (u glaukomu, diabetes mellitus) či jiných frekvencích (při zánětu n.opticus). [1,32]

8.3. Metody vyšetření kontrastní citlivosti

Vyšetřením kontrastní citlivosti není možné přesně diagnostikovat oční onemocnění, avšak napomáhá zjistit onemocnění ještě předtím, než se objeví klinické příznaky a poklesne zraková ostrost. Existuje více možností, jak kontrastní citlivost vyšetřit. Testování by mělo být provedeno za optimálních světelných podmínek vyskytujících se v běžném životě. Nejčastěji se využívají jednoduché tabulky podle Ardena či Ginsburga, které obsahují řadu pruhovaných terčů s postupně klesajícím kontrastem. Dále se v praxi využívají Pelli-Robsonovy tabule, na nichž se nachází stejně velká písmena o různém kontrastu.



Obr. 8.1: Pelli-robsonův kontrastní test

Naopak Reganovy tabule obsahují různě velká písmena, která jsou ve čtyřech stupních kontrastu. V dnešní době se využívají také počítačem řízené přístroje, které na monitoru tvoří pruhy o přesně stanoveném kontrastu. [1,32]

9. Heteroforie

9.1. Heteroforie

Heteroforie neboli latentní (skryté) šilhání se projevuje při nerovnováze očních svalů po zrušení fúze (tedy senzomotorické síle zajišťující spojení obrazů viděných oběma očima jako jeden zrakový vjem). Patří tedy pod poruchy binokulární fixace. Zrušení fúze můžeme docílit separací obrazu oka levého a pravého (zakrytím jednoho oka rukou či destičkou, červenozelenými filtry nebo polarizací světla). Heteroforie vzniká jako vrozená či nemocí získaná slabost jednoho svalu, vada anatomického uspořádání svalů či porucha akomodace a konvergence. [12]

Po zrušení fúze se oko při heteroforii může vychýlit dovnitř (ezoforie), zevně (exoforie), nahoru (hyperforie), dolů (hypoforie). Další možnou variantou je incykloforie, při níž se horní konec vertikálního meridiánu oka stočí dovnitř, nebo se naopak při excykloforii stočí ven. Pokud je vertikální úchylna obou očí přibližně stejná a má opačný směr, nazývá se

- a) pravá hyperforie (pozitivní) – pravé oko se uchyluje nahoru a levé dolů,
- b) levá hyperforie (negativní) – levé oko se uchyluje nahoru a pravé dolů. V případě, že je směr úchylny obou očí stejný, jedná se o disociované hyperforie a hypoforie. [1,12]

Heteroforii doprovází řada obtíží (zrakové, oční či přídatné). Zrakové obtíže způsobují mlžení, pohyb písmen a řádků až dvojité vidění, zejména při delší binokulární fixaci očí do blízka. Typicky se zvyšuje světloplachost a zhoršuje se prostorové vidění (např. při delší jízdě autem na dálnici může způsobit i závrat' a nevolnost. Binokulární vidění je přitom horší než monokulární (zavření jednoho oka přináší úlevu). [1,12]

9.2. Korekce heteroforie

Heteroforii je možné ovlivnit správnou korekcí refrakční vady na dálku i na blízko, správnou centrací korekčních skel na dálku i na blízko a ortoptickým cvičením šířky fúze s cílem udržet jednoduché binokulární vidění s menším úsilím (cvičí se opačná fúze, než je heteroforie – např. u ezoforie se cvičí záporná šířka fúze). Pokud cvičení nepomáhá, používají se v praxi tzv. ulehčující hranoly bází proti úchylnce, jež se rozdělují stejnou měrou pro obě oči. V případě, že konzervativní terapie není úspěšná, řeší se heteroforie operačně. [12]

9.3. Vyšetření heteroforie

Heteroforii lze vyšetřit pomocí Schoberova testu založeného na červeno-zeleném rozdělení vjemů očí. Základem je červený kříž obklopený dvěma zelenými kruhy na černém pozadí. Před oči klienta se umístí červený a zelený filtr a klient by měl vidět kříž uprostřed kružnic. V případě, že má klient heteroforii, kříž uvidí posunutý. Další možností vyšetření heteroforie je např. Hákový test (horizontální). [26]

10. Visiotest Essilor

10.1. O přístroji

Z důvodu zlepšení a zjednodušení screeningových vyšetřovacích metod byl vyvinut přístroj Visiotest, který umožňuje rychlé orientační vyšetření zraku a jeho dalších funkcí. Jeho účelem je získání orientačních výsledků, díky nimž může vyšetřující odhadnout přibližnou kvalitu zraku klienta, případně upozornit na výskyt možné poruchy a doporučit další podrobnější vyšetření u oftalmologa. Visiotest Essilor je konstrukčně jednoduchý přístroj, což umožňuje snadnou manipulaci, přenosnost a především s ním lze prověřit kvalitu zraku u mnoha lidí v krátkém čase. V případě korekce při testování vyšetřovaná osoba používá svou korekční pomůcku. [31]

Existují dvě verze Visiotestu Essilor, přičemž první je plně automatická s výhodou dálkového ovladače. Druhá verze, manuální, byla vybrána k měření pro tuto práci a liší se postranním kolečkem, pomocí něhož se vybírají jednotlivé testy. Vyšetřující má k dispozici kontrolní seznam jednotlivých testů včetně otázek, které klientovi podává a s nimi i předpokládané odpovědi. Při každém testování má vyšetřující k dispozici záznamový arch, na který se zapisují výsledky z vyšetření. [31]

Samotný přístroj Visiotest je vysoký přibližně 50 cm a v horní části přístroje se nachází dva okuláry pro testování vidění do dálky a pod nimi dva okuláry pro testování vidění do blízka. Nad okuláry vyčnívá opěrka na čelo, která také plní funkci vypínače osvětlení testů, což umožňuje testování ve stále stejné vzdálenosti. Jakmile se totiž vyšetřovaný od opěrky oddálí, test přestane být viditelný. Vnitřní část Visiotestu je tvořena hlavně otočným bubnem s jednotlivými testy. Každý test přitom určen pro každé oko zvlášť, takže když klient vidí oběma očima jeden stejný obraz, jde vlastně o dvě totožné předlohy. [31]



Obr. 10.1: Visiotest Essilor

10.2. Podmínky provozu

Výhodou užívání přístroje Visiotest je uživatelská nenáročnost, musí být dodrženo jen několik málo podmínek. Patří mezi ně teplota a vlhkost vzduchu. Při provozu by se teplota vzduchu měla pohybovat mezi +10°C až +35°C. Vlhkost vzduchu by měla dosahovat rozmezí hodnot 30% vlhkosti až 75%. [31]

10.3. Technické parametry Visiotestu Essilor

- Rozměry: 145x145x40 cm
- Spotřeba: 100 W
- Hmotnost: 7-3 kg
- Kontrast optotypu: téměř 100%
- Jas pozadí testů: 200 cd/m²
- Napětí ze sítě: 100 V až 240 V
- Napětí z adaptéru: 24 V
- Konstrukce testů do dálky: stanovena na 5 m
- Konstrukce testů do blízka: stanovena na 33 cm [31]

10.4. Sada testů

Přístroj Visiotest celkem obsahuje 12 testů, které postupně hodnotí všechny důležité parametry vidění. Součástí této sady testů jsou:

- Test na uvolnění akomodace
- Test na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropie a astigmatizmu pro pravé oko
- Duochromatický test pro pravé oko
- Test na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropie a astigmatizmu pro levé oko
- Duochromatický test pro levé oko
- Test na binokulární určení vizu do dálky
- Test na ověření binokulární spolupráce očí
- Test kontrastní citlivosti
- Test stereoskopického vidění
- Test barvocitu
- Test na vyšetření zrakové ostrosti do blízka
- Test na vyšetření horizontálního zorného pole pro pravé a levé oko. [31]

11. Praktická část

11.1. Cíl měření, pracovní hypotéza

Cíl praktické části mé práce spočívá v porovnání měření základních parametrů zraku Visiotestem a pomocí speciálních metod. Veškeré naměřené hodnoty budou zapsány do záznamového archu a poté vyhodnoceny pomocí grafů a tabulek. Výsledky měření budou navzájem porovnány a na základě shody či neshody měření bude zhodnocena spolehlivost a přesnost testování. V rámci praktické části jsem stanovil několik předpokládaných hypotéz, které budou po vyhodnocení výsledků měření potvrzeny nebo zamítnuty.

Hypotéza č. 1:

H₁: Při testování pravého oka se bude výsledný vizus do dálky a test hypermetropie shodovat v hodnotách naměřených přístrojem Visiotest a speciální metodou. Naopak výsledky testování astigmatizmu se nebudou shodovat.

Hypotéza č. 2:

H₂: Výsledky duochromatického testu pravého oka měřené Visiotestem se nebudou shodovat s výsledky speciálního testu.

Hypotéza č. 3:

H₃: Při testování levého oka se bude výsledný vizus do dálky a test hypermetropie shodovat v hodnotách naměřených přístrojem Visiotest a speciální metodou. Naopak výsledky testování astigmatizmu se shodovat nebudou.

Hypotéza č. 4:

H₄: Výsledky duochromatického testu levého oka měřené Visiotestem se nebudou shodovat s výsledky speciálního testu.

Hypotéza č. 5:

H₅: Výsledky binokulárního vizu do dálky měřené Visiotestem se budou shodovat s výsledky speciálního testu.

Hypotéza č. 6:

H₆: Výsledky testů na binokulární spolupráci očí se nebudou shodovat.

Hypotéza č. 7:

H₇: Výsledky testů na kontrastní citlivost se nebudou shodovat.

Hypotéza č. 8:

H₈: Výsledky testů na stereoskopické vidění se budou shodovat, lépe v hodnocení dopadnou muži.

Hypotéza č. 9:

H₉: Výsledky testů na barvocit se budou shodovat, lépe v hodnocení dopadnou ženy.

Hypotéza č. 10:

H₁₀: Výsledky testů na zrakovou ostrost do blízka se budou shodovat.

11.2. Soubor vyšetřovaných osob (probandi)

Měření zrakových funkcí probíhalo v období od listopadu 2017 do dubna 2018 v oční optice v Ústí nad Labem a měření perimetrie se uskutečnilo v ordinaci oftalmologa. K měření bylo vybráno 60 probandů, kteří se dobrovolně zúčastnili vyšetření na Visiotestu i vyšetření speciálními testy zaměřenými na barvocit, refrakční stav oka apod. V testované skupině bylo 36 mužů a 24 žen. Všichni probandi byli držitelé řidičského průkazu typu B, byli starší 18 let a aktivně se podíleli na silničním provozu. Měření na perimetru pravého a levého oka trvalo asi 20-30 minut, ostatní měření provedená speciálními testy a Visiotestem trvala přibližně 25-30 minut. V případě korekce vyšetřovaná osoba použila při testování svou aktuální korekční pomůcku do dálky i do blízka.

11.3. Postup měření a prostředky (metodologie)

Praktická část mé práce se zaměřuje na porovnání měření zraku řidičů pomocí speciálních testů oproti měření na přístroji Visiotest. Naměřené výsledky byly zaznamenány do zápisového archu, který byl součástí výbavy přístroje Visiotest a do vlastnoručně vyrobeného záznamového archu. Veškeré naměřené hodnoty byly poté porovnány a vyhodnoceny pomocí grafů a tabulek. Všechny grafy a tabulky v praktické části práce jsou z vlastního zdroje. Při odhalení závažnějšího zrakového deficitu byl proband ihned odeslán k oftalmologovi na podrobnější vyšetření.

11.3.1. Vyšetření Visiotestem a speciálními testy

Test na uvolnění akomodace

Na začátku vyšetření zrakových funkcí pomocí Visiotestu jsem probanda edukoval o průběhu vyšetření a optal se ho na poslední návštěvu u oftalmologa či optometristy. Následně byl zahájen proces měření binokulárním testem pro obě oči, kdy proband přiložil hlavu k přístroji, opřel bradu o opěrku a čelem stiskl tlačítko zabudované v čelní oblasti přístroje. Stisknutím tlačítka se rozsvítily oba horní okuláry určené pro testy do dálky a pacient měl zaostřit na obrázek s vyobrazenou krajinou. Dotázal jsem se vyšetřovaného, zda má při vyšetření pohodlí, případně jsem mu upravil výšku polohovací židle či stolu, na němž byl Visiotest umístěn. Výstupem prvního testu nebyly žádné naměřené hodnoty, úkolem bylo pouze seznámit probanda s přístrojem a uvolnit akomodaci obou očí. [31]

Test na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropie a astigmatizmu pro pravé oko

Druhý test měřený na Visiotestu se zabývá vyšetřením zrakové ostrosti do dálky pro pravé oko, vyšetřením hypermetropie pravého oka a vyšetřením osy astigmatizmu pravého oka. Při testování je levý okulár zhasnutý. Pravým okem vyšetřovaný vidí v horní části testu písmena a číslice různé velikosti a jeho úkolem je přečíst nejmenší možný řádek. Řádek jsem probandovi uznal, přečte-li správně alespoň tři z pěti znaků. Velikost každého řádku odpovídá příslušným zrakovým ostrostem 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2. Do zápisového archu jsem poté zaznamenal výsledný vizus. [31]

Další částí vyšetření Visiotestem bylo vyšetření hypermetropie, při kterém se předsazuje spojná čočka o optické mohutnosti +1,0D vsunutím do probandovy zrakové osy uvnitř přístroje. Po předsazení spojně čočky jsem se vyšetřovaného dotázal, zda vidí obraz stejně ostře nebo jestli se ostrost obrazu změnila k lepšímu či horšímu. V případě, že proband vidí obraz stejně ostře nebo dokonce lépe (se zlepšenou zrakovou ostrostití), pravděpodobně je oko hypermetropické. V opačném případě, když se ostrost obrazu zhorší, oko je emetropické nebo myopické. Po zaznamenání naměřeného výsledku jsem přídatnou čočku vyndal. [31]

Následně jsem na Visiotestu vyšetřil astigmatizmus pomocí astigmatického vějíře, tedy obrazce v dolní části testu se sedmi paprsky v různých směrech označených číslicí. Vyšetřovaný měl za úkol odpovědět na otázku, zda vidí některý paprsek ostřeji nebo tmavěji. Do záznamového archu jsem poté zaškrtnul, které linie proband označil. V případě, že

vyšetřovaný viděl všechny paprsky stejně, nezaškrtává se nic a do poznámky je možné upřesnit, zda všechny paprsky viděl stejně ostře nebo stejně rozostřeně. [31]

Vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropie i astigmatizmu pro pravé oko jsem následně provedl i speciálními testy. Zrakovou ostrost do dálky jsem vyšetřil na LCD optotypu, kdy se zaznamenal poslední nejmenší řádek, v němž proband přečetl alespoň tři znaky z pěti. V případě, že proband doposud nosil dioptrickou korekci (která byla použita i při měření Visiotestem), byla mu tato dioptrická hodnota vsazena do zkušební obruby nebo do foropteru. Tuto přidanou hodnotu měl vyšetřovaný v obrubě nebo foropteru po celou dobu všech vyšetření provedených speciálními testy. [18,26,32]

Vyšetření hypermetropie vychází z vyšetření zrakové ostrosti na LCD optotypu, kdy se zraková ostrost u hypermetropického oka zlepší přidáním plusových čoček. Podobně jako při vyšetření Visiotestem byla předložena přídatná +1D a poté jsem se dotázal vyšetřovaného, zda se zraková ostrost zhoršila, zlepšila nebo zůstala stejná. [26,32]

Vyšetření astigmatizmu jsem provedl pomocí astigmatické růžice, kdy si vyšetřovaný zakryl levé oko a pozoroval obrazec růžice. Pokud se vyšetřovanému zdály některé paprsky růžice ostřejší či tmavší, pravděpodobně se jedná o astigmatizmus. [32]

Duochromatický test pro pravé oko

Třetím testem měřeným pomocí Visiotestu je duochromatický test pro pravé oko. Při tomto testu pozoruje vyšetřovaný pravým okem tři různě veliké kruhy na červeném poli a tři na zeleném poli, přičemž kruhů odpovídá zrakové ostrosti 0,25; 0,35 a 0,4. Výsledek testu odhaluje možnou tendenci k hypermetropii či myopii nebo odhaluje správnost vyvážení užívané korekce. Princip testu využívá odlišné lomivosti světla při různých vlnových délkách. Pokud se jedná o oko hypermetropické či překorigované myopické oko, vyšetřovaný vidí zřetelněji znaky na zeleném poli. Pokud je vyšetřované oko nedokorigované myopické nebo překorigované hypermetropické, vidí proband zřetelněji znaky na červeném poli. V případě, že vyšetřovaný vidí znaky v červeném i zeleném poli stejně ostře, jedná se o emetropické oko nebo oko se správnou korekcí. [26,31]

Vyšetření jsem provedl také na LCD optotypu, na němž vyšetřovaný četl znaky v červeném i zeleném poli. Výsledky testu jsem následně vyhodnotil stejným způsobem jako při testování Visiotestem.

Test na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropie a astigmatizmu pro levé oko

Testování na Visiotestu i speciálními metodami proběhlo naprosto stejně jako u testování pravého oka (pouze s tím rozdílem, že zakryto bylo pravé oko a levé oko bylo testováno).

Duochromatický test pro levé oko

Testování na Visiotestu i speciálními metodami proběhlo naprosto stejně jako u testování pravého oka (pouze s tím rozdílem, že zakryto bylo pravé oko a levé oko bylo testováno).

Test na binokulární určení vizu do dálky

Šestý test Visiotestu zjišťuje vizus do dálky binokulárně, tudíž obě oči vyšetřovaného jsou odkryté a vyšetřují se současně. Vyšetřovaný měl za úkol přečíst řádek 12 odpovídající vizu 1,2. Jestliže ho proband nedokázal přečíst, vyzval jsem ho k přečtení řádku nad ním. Do záznamového archu jsem vždy zaznamenal nejmenší řádek, ve kterém vyšetřovaný přečetl alespoň tři znaky z pěti správně. [31]

Vyšetření binokulárního vizu do dálky se provádí stejným způsobem jako vyšetření monokulárního vizu pomocí LCD optotypu (s tím rozdílem, že se vyšetřují obě oči současně).

Test na ověření binokulární spolupráce očí

Testováním binokulární spolupráce očí na Visiotestu je možné zjistit heteroforii. Princip tohoto testu spočívá v úplné separaci pravého a levého oka. Pravé oko vidí červenou tečku, zatímco levé oko vidí zelený obdélník a na základě správné funkce mozku by mělo dojít ke spojení těchto obrazů v jeden vjem. Do záznamového archu jsem zakresloval umístění tečky v obdélníku. Test má toleranci 6,0 pD v horizontálním směru a 2pD ve vertikálním směru. V případě, že vyšetřovaný viděl tečku mimo obdélník, jednalo se o heteroforii mimo fyziologickou hranici. [12,26,31]

Vyšetření binokulární spolupráce očí jsem vyšetřil také prostřednictvím Schoberova testu. Princip vyšetření je založen na červeno-zeleném rozdělení vjemů očí, kdy vyšetřovaný pozoruje červený kříž obklopený dvěma zelenými kruhy na černém pozadí. Před oči vyšetřovaného se umístí červený filtr (před pravé oko) a zelený filtr (před levé oko). Vyšetřovaný by měl vidět kříž uprostřed kružnic. Jestliže uvidí kříž posunutý, jedná se o heteroforii. Pro kontrolu přesnosti výsledků byl ještě proveden tzv. Hákový test, který potvrdil přítomnost naměřených prizmatických dioptrií. [26,31]

Test kontrastní citlivosti

Osmým testem na Visiotestu vyšetřujeme kontrastní citlivost. Vyšetřovaná osoba pozoruje oběma očima zároveň znaky se snižujícím se kontrastem, které jsou rozvrženy po čtveřicích do třech řádků o různé velikosti (odpovídající zřakové ostrosti 0,4; 0,6 a 0,8). Skupiny čtveřic znaků jsou uspořádány do tří sloupců s různými hodnotami kontrastní citlivosti (první sloupec s kontrastem 0,6, druhý sloupec s kontrastem 0,4 a třetí s kontrastem 0,2). Proband bez poruchy kontrastní citlivosti byl schopen přečíst vše kromě znaků o velikosti 0,8 při kontrastu 0,2. Na záznamový arch jsem zaznamenal, které znaky proband přečetl bezchybně (má k dispozici znaky v plném kontrastu na Kontrolním seznamu). Přečtený řádek jsem uznal, pokud vyšetřovaný přečetl správně alespoň tři ze čtyř znaků. [31]

Kontrastní citlivost jsem vyšetřil také na LCD optotypu se znaky o velikosti vizu 0,8, kdy byl kontrast znaků postupně snižován (ze 60% kontrastu na 40% a poté na 20%). Proband měl za úkol přečíst vždy písmena v řádku (řádek byl uznán, pokud vyšetřovaný přečetl správně alespoň tři znaky z pěti). [1,32]

Test stereoskopického vidění

Devátým testem Visiotestu je testování prostorového vidění, zjišťující jak proband vnímá hloubku prostoru a dokáže odlišit vzdálenost předmětů. Princip testu spočívá v tom, že vyšetřovaný pozoruje pět skupin kroužků, přičemž v každé skupině jsou celkem čtyři kroužky. Tři kroužky ve skupině jsou vždy zobrazeny stejně pro levé i pravé oko a vyšetřovaný je proto vnímá ve stejné rovině. Čtvrtý kroužek skupiny je pro pravé a levé oko mírně vychýlen, protože je vyšetřovaným vnímán v jiné rovině. Úkolem vyšetřovaného bylo určit v každé skupině kroužků ten, který vnímá zvláště (horní/dolní/pravý/levý). Do záznamového archu jsem zaškrtoval, zda proband rozpoznal správný kroužek nebo zda mezi kroužky nevidí rozdíl. [31]

Stereoskopické vidění do dálky jsem vyšetřil také pomocí LCD optotypu tzv. stereotestem. Tento test využívá negativní polarizace a skládá se z nepolarizované tečky uprostřed a čtyř polarizovaných dvojčar, které jsou rozestavěny do kříže a očíslovány podle směru hodinových ručiček (3, 6, 9, 12). Vyšetřovanému jsem před obličej umístil foropter, ve kterém je před každé oko umístěn polarizační filtr oddělující vjem oka levého a pravého (tudíž vidí každým okem jednu ze dvou čar). Při binokulárním vidění jsou obě čáry v páru viděny jako jedna čára, která vystupuje do prostoru směrem k vyšetřovanému. V závislosti na vzájemné vzdálenosti čar v každém páru se jeví po splynutí čára různě hluboko v prostoru.

Klient má za úkol seřadit výsledný vjem čar v prostoru podle toho, v jaké vzdálenosti od něj se mu jeví (od nejvzdálenější po nejbližší). [26]

Test barvocitu

Desátý test Visiotestu prověřuje probandovu schopnost barevného vnímání odpovídající chromatickému standardu podle Dr. Ishihara. Test obsahuje 6 kruhových terčů. V pěti barevných terčích jsou skryta dvoumístná čísla, v jednom terči není žádné. Test byl prezentován současně pro levé i pravé oko a vyšetřovaný měl za úkol přečíst číslice v barevných rámečcích. Do záznamového archu jsem poté zapsal výsledek. [31]

Barvocit jsem vyšetřil také pomocí souboru 21 barevných terčů s písmeny a číslicemi s různou intenzitou jasu. Vyšetřovaný četl skryté znaky obklopené různobarevnými body a výsledek jsem zaznamenal do záznamového archu. [26]

Test na vyšetření zrakové ostrosti do blízka

Jedenáctý test Visiotestu vyšetřuje zrakovou ostrost do blízka. Testuje v dolních okulárech současně levé i pravé oko (binokulárně). V případě, že proband používá brýle na dálku, je třeba mírně sklonit hlavu, aby se nedíval přes okraj brýlí. Pokud vyšetřovaný ke čtení používá brýle na blízko, na tento test si je nasadil. Vyšetřovaný poté přečetl nejmenší možný řádek a výsledek odpovídající naměřené zrakové ostrosti jsem zapsal do záznamového archu. [31]

Při vyšetření zrakové ostrosti do blízka vyšetřovaný četl ze čtecí tabulky s různými typy textů o různém vizu (s odlišnou velikostí písma). Pokud vyšetřovaný používá korekční pomůcku na blízko, při testu ji použil. Vyšetřovaný měl za úkol přečíst nejmenší řádek, který se mu četl pohodlně bez obtíží ze čtecí vzdálenosti cca 30 cm. [26]

Test na vyšetření horizontálního zorného pole pro levé oko

Posledním testem Visiotestu je vyšetření horizontálního zorného pole. Vyšetřovaná osoba má za úkol fixovat značku v okulárech pro testy do dálky, přičemž nesmí pohybovat hlavou ani očima. Vyšetření jsem provedl monokulárně (každé oko zvlášť). Po stranách vyšetřující rozsvěcuje diody pozorovatelné temporálně pod úhlem 100°, 90°, 80°, 70° a 60° pro každé oko. Pro testování nazálního zorného pole je dána pro každé oko jedna dioda. Vzhledem k jednoduché konstrukci testu nemůže tento test nahradit odborné vyšetření na perimetru, na což upozorňuje také uživatelská příručka. Hlavním účelem tohoto testu je jednoduché stanovení integrity horizontálního periferního zorného pole (nevyšetřuje celkové zorné pole). Nevýhodou je též nedokonalost testování u lidí s korekcí brýlemi, kdy hranice těchto brýlí

mnohdy zcela znemožňují vnímání postranních značek. Z toho důvodu poté vychází patologický výsledek, ačkoli vyšetřovaný může mít zorné pole zcela v pořádku. Vyšetřované osoby proto byly někdy požádány o provedení tohoto testu bez své brýlové korekce). [31]

Vyšetření zorného pole bylo provedeno také na statickém perimetru v ordinaci oftalmologa. Každé oko bylo vyšetřeno zvlášť (monokulárně). Vyšetřovaný měl za úkol stisknout tlačítko v momentě, kdy ve vyšetřovací polokouli uviděl náhodně rozsvícenou značku o určité intenzitě a velikosti (na různých místech polokoule). Tímto vyšetřením bylo možné odhalit lokalizaci a rozsah výpadku zorného pole. [28]

12. Experimentální část

Výsledky měření

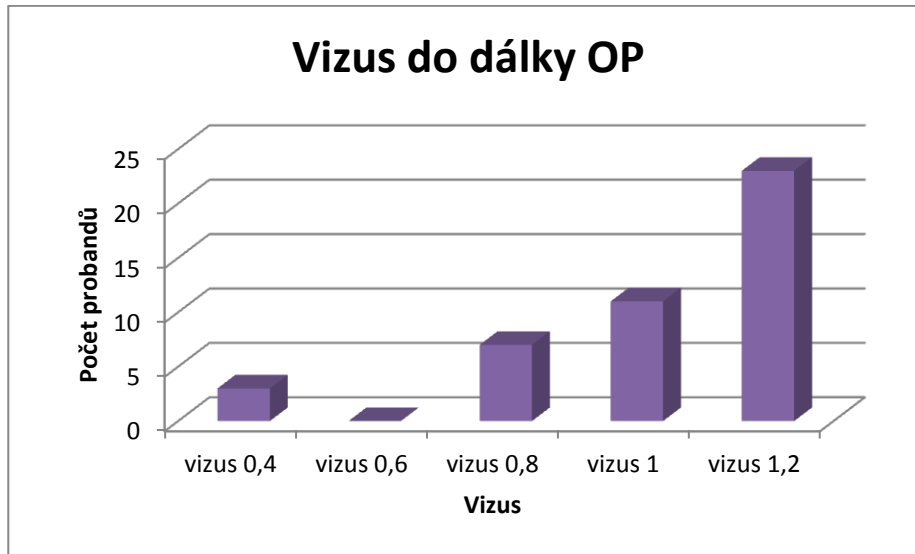
Test na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropie a astigmatismu pro pravé oko

První sada testování byla zaměřena na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropii a astigmatismus pravého oka. Každého probanda jsem změřil nejprve Visiotestem a poté výše popsanými speciálními testy. Zjištěné hodnoty všech zúčastněných řidičů jsem zaznamenal do Tabulky 12.1.

Tabulka 12.1: Monokulární vyšetření pravého oka

OP	shoda	neshoda	shoda v %
vizus	44/60	16/60	73,3
hypermetropie	60/60	0/60	100
astigmatismus	28/60	32/60	46,7
vizus M	27/36	9/36	75
vizus Ž	17/24	7/24	70,8
hypermetropie M	36/36	0/36	100
hypermetropie Ž	24/24	0/24	100
astigmatismus M	18/36	18/36	50
astigmatismus Ž	10/24	14/24	41,7

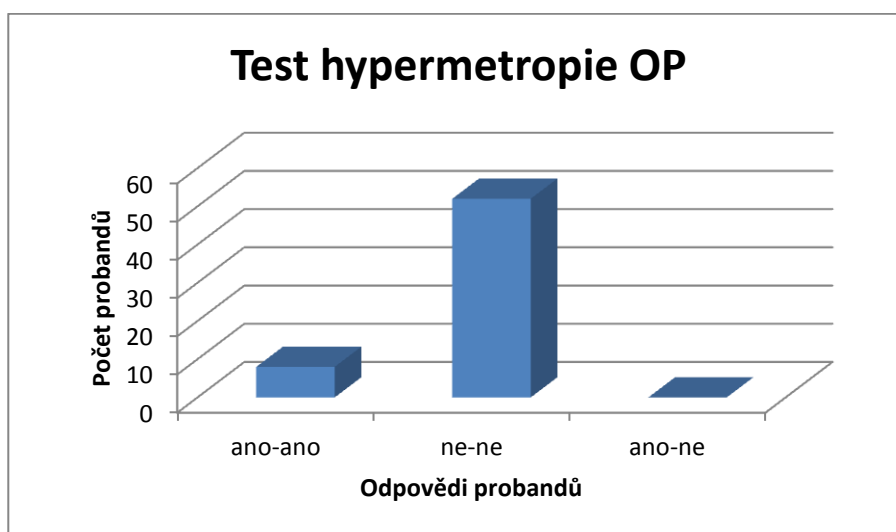
Z uvedených výsledků vyplývá, že monokulární vyšetření vizu do dálky pro pravé oko pomocí Visiotestu se shodovalo s vyšetřením vizu do dálky pomocí LCD optotypu u 44 probandů ze 60. Celkem se tedy oba typy vyšetření v naměřených výsledcích shodují na 73,3%. U skupiny řidičů, u nichž byla prokázána shoda vyšetření Visiotestem s vyšetřením pomocí LCD optotypu, bylo graficky znázorněno zastoupení řidičů s rozdílným vizem do dálky. Z Grafu 12.1. vyplývá, že největšímu počtu řidičů byl naměřen vizus do dálky 1,2 (u 23 řidičů), dále vizus 1 u 11 řidičů, vizus 0,8 u 7 řidičů a vizus 0,4 tří řidičů.



Graf 12.1: Vyšetření vizu do dálky OP

V porovnání těchto měření vizu do dálky se více shodovalo měření u mužů (shoda 75%) než u žen (shoda 70,8%). Celkově se tedy spolehlivost orientačního měření vizu do dálky Visiotestem v nadpoloviční většině potvrdila.

Ještě lépe dopadlo měření hypermetropie pro pravé oko, kdy se měření Visiotestem shodovalo s měřením na LCD optotypu na 100%, tedy u všech 60 vyšetřovaných osob. Vyšetření hypermetropie na Visiotestu se prokázalo být jedním z nejspolehlivějších testů, které tento přístroj nabízí. Graf 12.2 poukazuje na konkrétní odpovědi probandů. Z celkového počtu řidičů odpovědělo 52 probandů, že se obraz po předložení spojné čočky rozostřil. Hypermetropie byla potvrzena u 8 probandů, u nichž se obraz po předložení spojné čočky zlepšil nebo zůstal stejný.



Graf 12.2: Vyšetření hypermetropie OP

Při testování astigmatizmu Visiotestem došlo k mnoha odlišnostem oproti testování astigmatickou růžicí. Oba typy vyšetření se shodovaly pouze u 28 řidičů z celkového počtu 60, tedy u 46,7% vyšetřených osob. Celkově vyšetření dopadlo lépe u mužů, u nichž se prokázala shoda v 50%. U žen se spolehlivost vyšetření prokázala pouze u 41,7%, tedy v méně než polovině případů. Výsledky testování astigmatizmu pomocí Visiotestu tedy nejsou u každého probanda spolehlivě přesné.

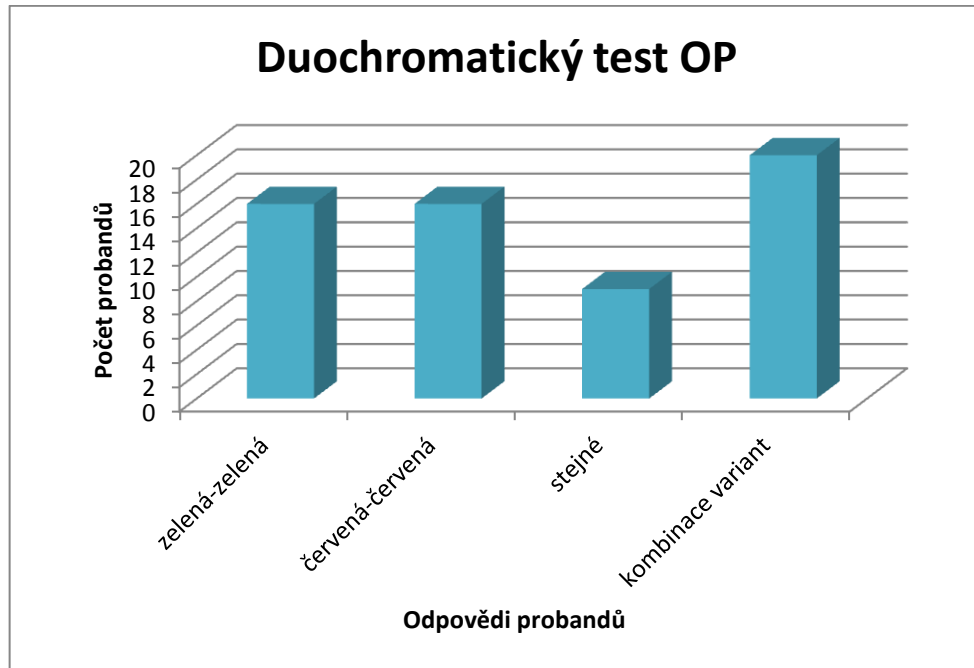
Duochromatický test pro pravé oko

Dalším typem testu byl duochromatický test pro pravé oko, který byl proveden Visiotestem a testem obsaženým v sadě testů na LCD optotypu. Naměřené výsledky byly shrnuty v Tabulce 12.2 a vyplývá z nich, že přesnost měření u celkového počtu řidičů se shodovala v 68,3%. Shoda se tedy prokázala u 41 probandů ze 60. V porovnání výsledků u mužů a žen dopadl test o něco lépe u žen, kdy se shoda měření prokázala v 70,8%. U mužů shoda měření dosáhla 66,7%.

Tabulka 12.2: Duochromatický test pravého oka

OP	shoda	neshoda	shoda v %
duochrom.test	41/60	19/60	68,3
duochrom.test M	24/36	10/36	66,7
duochrom.test Ž	17/24	7/24	70,8

Graf 12.3 znázorňuje odpovědi probandů z vyšetření Visiotestem v porovnání s vyšetřením pomocí LCD optotypu. U 20 vyšetřovaných osob z celkového počtu došlo k odlišným odpovědím, kdy se neshodovala odpověď Visiotestu s odpovědí ze speciálního testu. 9 vyšetřovaných vidělo u obou testů v červeném i zeleném poli obraz stejně vyváženě. 16 probandů vidělo u obou testů lépe znaky v červeném poli a naopak 16 probandů v zeleném poli. Jelikož výsledek celkového měření vyšel shodně v nadpoloviční většině, považují tento test Visiotestu za poměrně spolehlivý.



Graf 12.3: Duochromatický test pravého oka

Test na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropie a astigmatismu pro levé oko

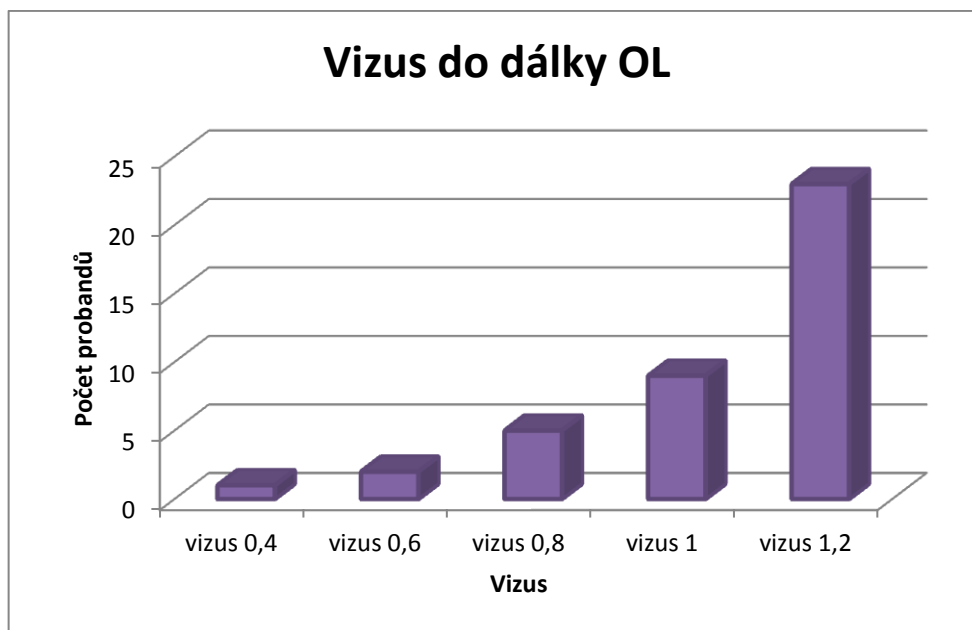
Monokulární test na vyšetření zrakové ostrosti do dálky, hypermetropii a astigmatismus byl proveden také pro levé oko. Zjištěné hodnoty změřené Visiotestem i pomocí LCD optotypu všech zúčastněných řidičů jsem zaznamenal do Tabulky 12.3.

Tabulka 12.3.: Monokulární vyšetření levého oka

OL	shoda	neshoda	shoda v %
vizus	40/60	20/60	66,7
hypermetropie	56/60	4/60	93,3
astigmatismus	38/60	22/60	63,3
vizus M	26/36	10/36	72,2
vizus Ž	14/24	10/24	58,3
hypermetropie M	34/36	2/36	94,4
hypermetropie Ž	22/24	2/24	91,7
astigmatismus M	23/36	13/36	63,9
astigmatismus Ž	15/24	9/24	62,5

Z uvedených výsledků vyplývá, že monokulární vyšetření vizu do dálky pro levé oko pomocí Visiotestu se shodovalo s vyšetřením vizu do dálky pomocí LCD optotypu u 40 probandů ze 60. Celkově se tedy oba typy vyšetření v naměřených výsledcích shodují na

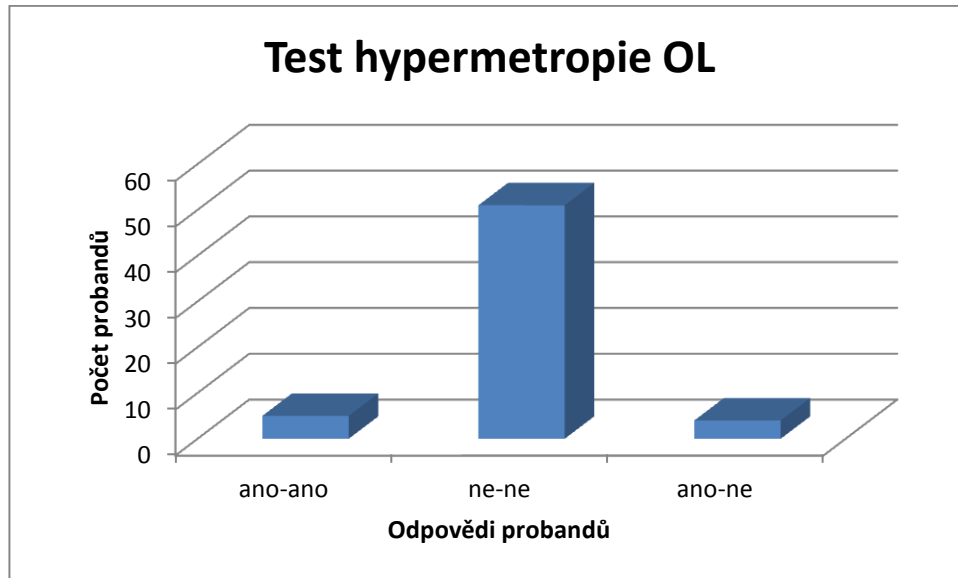
66,7%. Graf 12.4 poskytuje přehled o zastoupení řidičů, u nichž se shodovalo vyšetření Visiotestem s vyšetřením pomocí LCD optotypu, s naměřeným odlišným vizem do dálky. Z Grafu 12.4 vyplývá, že největšímu počtu řidičů byl naměřen vizus do dálky 1,2 (u 23 řidičů, tedy stejného počtu jako při měření OP). Dále vizus 1 byl naměřen 9 řidičům, vizus 0,8 u 5 řidičů, vizus 0,6 dvěma řidičům a vizus 0,4 pouze jednomu řidiči.



Graf 12.4: Vyšetření vizu do dálky OL

V Tabulce 12.3 je též porovnána shoda měření u žen a mužů. V měření vizu do dálky levého oka byla porovnáním výsledků zjištěna podstatně větší shoda měření u mužů (72,2%) než u žen (58,3%). U obou pohlaví se shoda měření potvrdila v nadpoloviční většině, test proto považují za poměrně spolehlivý.

Tabulka 12.3 shrnuje také výsledky vyšetření hypermetropie levého oka. Shoda vyšetření Visiotestem s vyšetřením na LCD optotypu se prokázala v 93,9%, tedy u většiny probandů. Pouze u čtyř osob došlo při porovnání výsledků vyšetření k odlišným závěrům. Graf 12.5 znázorňuje odpovědi všech vyšetřovaných řidičů. Pět řidičů z celkového počtu byla prokázána hypermetropie (potvrdilo ji vyšetření Visiotestem i vyšetření na LCD optotypu).



Graf 12.5: Vyšetření hypermetropie OL

Vzájemná podobnost výsledků vyšetření astigmatizmu levého oka dopadla lépe než při vyšetření pravého oka. Vyšetření Visiotestem se výsledky shodovalo s vyšetřením astigmaticou růžicí v 63,3%, tedy v nadpoloviční většině. Shoda vyšetření u mužů byla prokázána u 63,9%. U žen se výsledky testování shodovaly v 62,5%. Celkově se tedy vyšetření Visiotestem levého oka jeví ve více než polovině případů spolehlivým.

Duochromatický test pro levé oko

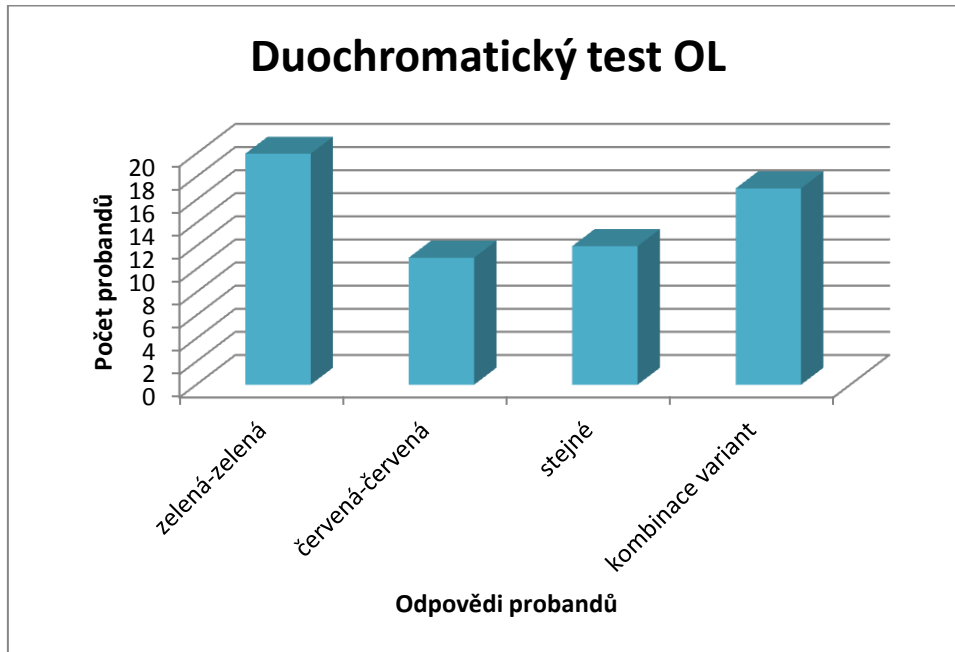
Při duochromatickém testování levého oka byla prokázána shoda měření Visiotestem s měřením na LCD optotypu v 71,7% (tedy u 43 probandů ze 60). Naměřené výsledky shrnuje Tabulka 12.4. Stejně jako u měření pravého oka dopadlo testování lépe u žen, vyšetření se shodovala v 75%. U mužů se duochromatické testování Visiotestem shodovalo s vyšetřením na LCD optotypu v 69,4%.

Tabulka 12.4: Duochromatický test levého oka

OL	shoda	neshoda	shoda v %
duochrom.test	43/60	17/60	71,7
duochrom.test M	25/36	11/36	69,4
duochrom.test Ž	18/24	6/24	75

Graf 12.6 poskytuje porovnání odpovědí vyšetřovaných řidičů získaných testováním pomocí Visiotestu i LCD optotypu. Odpovědi 17 vyšetřovaných osob z celkového počtu se neshodovaly (výsledek Visiotestu se odlišoval od výsledku speciálního testu). 12 probandů

vidělo u obou testů v červeném i zeleném poli obraz stejně vyváženě. 11 vyšetřovaných osob vidělo u obou testů lépe znaky v červeném poli. V zeleném poli vidělo znaky lépe 20 řidičů. Shoda testování vyšla celkově ještě lépe než u pravého oka, ověřila se tak spolehlivost testu.



Graf 12.6: Duochromatický test levého oka

Test na binokulární určení vizu do dálky

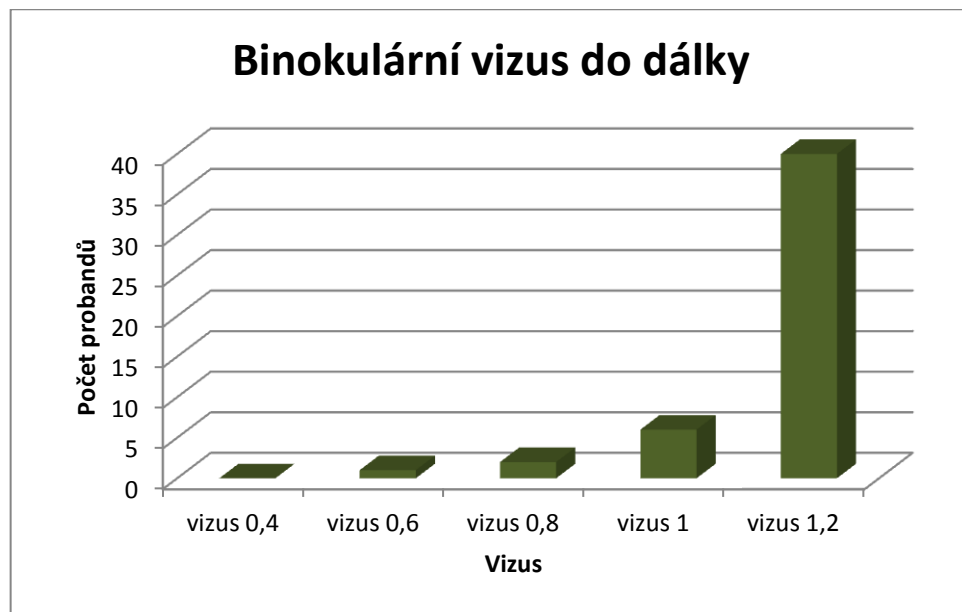
Dalším prověřovaným testem bylo určení binokulárního vizu do dálky. Porovnání výsledků naměřených Visiotestem a poté LCD optotypem v Tabulce 12.5 ukazuje, že shoda nastala v 81,7% (tedy u 49 řidičů z celkového počtu 60). V tabulce 12.5 je uveden též rozdíl mezi měřeními mužů a žen. Přesnost měření u mužů se shodovala v 86,1%, zatímco u žen dosahovala shoda testování 75%. U obou pohlaví tedy byla shoda v přesnosti měření vysoká.

Tabulka 12.5: Binokulární vizus do dálky

	shoda	neshoda	shoda v %
vizus bino.	49/60	11/60	81,7
vizus bino. M	31/36	5/36	86,1
vizus bino. Ž	18/24	6/24	75

Graf 12.7 ukazuje zastoupení řidičů s odlišným binokulárním vizem do dálky, u nichž se shodovalo vyšetření Visiotestem s vyšetřením pomocí LCD optotypu. Největšímu počtu

řidičů, 40 probandům, byl naměřen vizus do dálky 1,2. Zbývajícím šesti řidičům byl naměřen vizus 1, dvěma řidičům vizus 0,8 a jednomu řidiči vizus 0,6.



Graf 12.7: Binokulární vizus do dálky

Test na ověření binokulární spolupráce očí

Test na ověření binokulární spolupráce očí jsem provedl nejprve na přístroji Visiotest a následně prostřednictvím Schoberova testu a Hákového testu. Výsledná neshoda všech tří typů měření, shrnutá výsledky v Tabulce 12.6, naznačuje rozpor v naměřených výsledcích. Shodně vyšla měření pouze u 50% z celkového počtu vyšetřovaných osob. Větší přesnost měření přitom byla prokázána u žen (shoda testování v 58,3%). U mužů se výsledky testování shodovaly pouze ve 44,4%. Vzhledem k nejednoznačnosti výsledků tedy nepovažuji tento test Visiotestu za spolehlivě přesný.

Tabulka 12.6: Test na ověření binokulární spolupráce očí

	shoda	neshoda	shoda v %
heterofonie	30/60	30/60	50
heteroforie M	16/36	20/36	44,4
heteroforie Ž	14/24	10/24	58,3

Test kontrastní citlivosti

Kontrastní citlivost jsem vyšetřil testováním na Visiotestu, kdy proband četl znaky v podmínkách snižujícího se kontrastu (kontrast byl snížen nejprve na 60%, poté na 40% a nakonec na 20%). V Tabulce 12.7 jsou shrnuty výsledky měření, které porovnávají počet probandů schopných přečíst znaky v jednotlivých kontrastech. Měřením na Visiotestu bylo zjištěno, že většina změřených řidičů (55 probandů) byla schopna přečíst při sníženém kontrastu na 60% všechny čtyři znaky. Zbývajících 5 řidičů nebylo schopno přečíst žádný znak. Při kontrastu sníženém na 40% bylo 43 řidičů schopno přečíst všechny čtyři znaky. Naopak 17 řidičů při tomto sníženém kontrastu nedokázalo přečíst žádný znak. V případě sníženého kontrastu na 20% přečetlo všechny čtyři znaky jen 9 probandů.

Tabulka 12.7: Testování kontrastní citlivosti Visiotestem

Visiotest	60% snížení kontrastu	40% snížení kontrastu	20% snížení kontrastu
4 ze 4	55	43	9
3 ze 4	0	0	0
2 ze 4	0	0	0
1 ze 4	0	0	0
0 ze 4	5	17	51

Testem vždy prošli ti, kteří byli schopni přečíst alespoň 3 ze 4 znaků. Testem 60% sníženého kontrastu tedy neprošlo 8,3% změřených řidičů, testem 40% sníženého kontrastu neprošlo 28,3% probandů a při 20% sníženém kontrastu neprošlo až 85% změřených řidičů. Výsledky tohoto testování Visiotestem jsou graficky znázorněny v Grafu 12.8, v němž je možné vidět znatelný rozdíl v počtu probandů, kteří během testování poznali všechny čtyři znaky nebo naopak žádný znak. Dle Visiotestu by kontrastním testováním neprošlo velké množství řidičů.



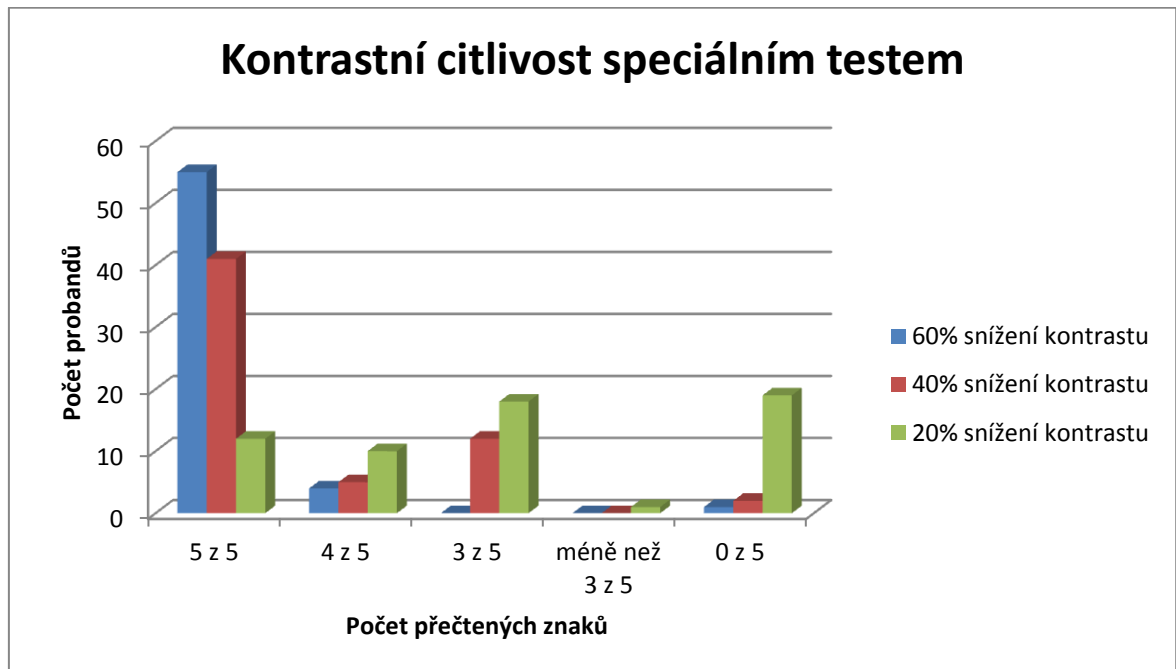
Graf 12.8: Testování kontrastní citlivosti Visiotestem

Vyšetření kontrastní citlivosti jsem provedl též pomocí LCD optotypu za stejných podmínek snižujícího se kontrastu (nejprve na 60% kontrast, poté na 40% kontrast a nakonec na 20% kontrast). Vyšetření proběhlo obdobně jako na Visiotestu, pouze se mírně lišilo vyhodnocením, jelikož na LCD optotypu měli probandi za úkol číst skupinu pěti znaků (nikoli 4 jako u Visiotestu). Pro přehlednost, názornost hodnocení a také kvůli nízkému zastoupení probandů (pouze 1 proband) jsou v tabulce 12.8 dva i jeden znak zahrnuty pod jedním pojmem (méně než 3 z 5). Z naměřených výsledků uvedených v Tabulce 12.8 vyplývá, že 55 změřených řidičů dokázalo při sníženém kontrastu na 60% přečíst všech pět znaků. 4 probandi přečetli v takto sníženém kontrastu čtyři znaky a pouze jedna vyšetřovaná osoba nepřečetla žádný znak. Při kontrastu sníženém na 40% bylo 41 řidičů schopno přečíst všech pět znaků, 5 řidičů přečetlo čtyři znaky, 12 řidičů přečetlo tři znaky a 2 řidiči nedokázali přečíst žádný znak. V případě sníženého kontrastu na 20% přečetlo všech pět znaků jen 12 probandů, 10 řidičů přečetlo čtyři znaky, 18 probandů přečetlo tři znaky, jeden proband přečetl jeden znak a 19 probandů nepřečetlo žádný znak.

Tabulka 12.8: Testování kontrastní citlivosti pomocí LCD optotypu

LCD optotyp	60% snížení kontrastu	40% snížení kontrastu	20% snížení kontrastu
5 z 5	55	41	12
4 z 5	4	5	10
3 z 5	0	12	18
méně než 3 z 5	0	0	1
0 z 5	1	2	19

Testem vždy prošli ti, kteří byli schopni přečíst alespoň 3 z 5 znaků. Testem 60% sníženého kontrastu tedy neprošlo 1,7% změřených řidičů, testem 40% sníženého kontrastu neprošlo 3,3% probandů a testem 20% snížení kontrastu neprošlo 33,3% probandů. Výsledky tohoto testování pomocí LCD optotypu jsou graficky znázorněny v Grafu 12.9, v němž je možné vidět znatelný rozdíl v počtu přečtených znaků v rámci jednotlivých snížených kontrastů. Měření tímto speciálním testem prokázalo rozpor s výsledky naměřenými Visiotestem, kdy podle Visiotestu neprošlo testem kontrastní citlivosti mnohem více lidí než při vyšetření na LCD optotypu. Rozdíl ve výsledcích byl znatelný během všech fází vyšetření (u sníženého kontrastu na 60%, na 40% i na 20%). Nepovažuji proto tento test Visiotestu za spolehlivě přesný.

**Graf 12.9:** Testování kontrastní citlivosti na LCD optotypu

Test stereoskopického vidění

Další oblastí testování bylo stereoskopické vidění. Při testování Visiotestem vyšetřovaný řidič pozoroval pět skupin kroužků, přičemž z každé skupiny by měl jeden vidět zvládně. Vyšetřovaná osoba vždy nahlásila, kolik kroužků zvládně viděla. V Tabulce 12.9 shrnuji všechny naměřené výsledky, jež vypovídají o kvalitě stereoskopického vidění testovaných řidičů. Největší počet řidičů (36 ze 60) vidělo všech pět zvládněných kroužků, tudíž mají stereoskopické vidění v pořádku. Devět řidičů vidělo 4 z 5 zvládněných kroužků, což ještě naznačuje vysokou kvalitu stereoskopického vidění. Osm řidičů vidělo 3 z 5 zvládněných kroužků, což lze považovat za hranici kvality stereoskopického vidění. Ostatní řidiči dle Visiotestu nemají stereoskopické vidění v pořádku - tři řidiči viděli 2 z 5 kroužků, tři řidiči viděli pouze 1 z 5 kroužků a jeden řidič neviděl dokonce žádný zvládněný kroužek. Tabulka 12.9 také porovnává naměřené hodnoty mužů a žen, přičemž v tomto testování Visiotestem lépe dopadlo měření u mužů.

Tabulka 12.9: Test stereoskopického vidění

	VISIOTEST						STEREOTEST	
	5 z 5	4 z 5	3 z 5	2 z 5	1 z 5	0 z 5	viděl/a	neviděl/a
celkem	36	9	8	3	3	1	46	14
ženy	16	3	4	1	0	0	18	6
muži	20	6	4	2	3	1	28	8

Měření stereoskopického vidění speciální metodou se způsobem provedení i hodnocením trochu lišilo. Stereotestem se zhodnotilo, zda byl proband schopen prostorově odlišit alespoň dvě ze čtyř čar (nejbližší a nejvzdálenější). Pokud byla vyšetřovaná osoba schopna prostorově vidět tyto dvě čáry, považovalo se její prostorové vidění za fyziologické. Z Tabulky 12.9 vyplývá, že 46 osob mělo při testování stereoskopické vidění v pořádku. V porovnání testování mužů a žen naměřené hodnoty mužů dosahovaly opět lepších výsledků.

Porovnání získaných hodnot naznačuje, že výsledky testování stereoskopického vidění Visiotestem se hodně podobají výsledkům ze stereotestu. Stereotestem prošlo 46 lidí, zatímco na Visiotestu 36 osob mělo bezchybný výsledek a 9 osob s pouze jednou chybou (v součtu tedy 45 osob stereotestem prošlo bez větších potíží). Stereotest byl uznán i osmi řidičům, kteří viděli 3 z 5 zvládněných kroužků, avšak tento výsledek je již hraniční. Získané hodnoty se tedy shodovaly, považují proto tento test Visiotestu za spolehlivě přesný.

Test barvocitu

Testování barvocitu Visiotestem se mírně lišilo od průběhu testování speciální metodou pomocí tabulek k vyšetření barvocitu. Vyšetřením na Visiotestu měl proband za úkol přečíst znaky v 6 barevných terčích. V Tabulce 12.10 je uveden přehled výsledků tohoto měření. Celkem 19 vyšetřovaných osob (tedy 31,7% z celkového počtu) vidělo všech 6 znaků a 23 řidičů (tedy 38,3% z celkového počtu a zároveň největší počet probandů) vidělo 5 znaků. Ze zbylého počtu vyšetřovaných devět řidičů vidělo 4 znaky, pět řidičů vidělo 3 znaky a čtyři řidiči viděli pouze dva znaky. Celkově se tedy perfektní barvocit projevil u 19 probandů a 31 probandů mělo nadpolovičně kvalitní výsledek. Testem by prošlo 85% změřených řidičů. U devíti probandů výsledky Visiotestu naznačují snížení nebo možnou poruchu barvocitu. V porovnání naměřených výsledků u mužů a žen dopadlo hodnocení žen lépe. Testem prošlo 87,4% žen a 83,4% mužů.

Tabulka 12.10: Testování barvocitu na přístroji Visiotest

Visiotest	Celkem -z celkového počtu 60	Muži -z celkového počtu 36	Ženy -z celkového počtu 24
6 ze 6	19 = 31,7%	11 = 30,6%	8 = 33,3%
5 ze 6	23 = 38,3%	15 = 41,7%	8 = 33,3%
4 ze 6	9 = 15%	4 = 11,1%	5 = 20,8%
3 ze 6	5 = 8,3%	3 = 8,3%	2 = 8,3%
2 ze 6	4 = 6,6%	3 = 8,3%	1 = 4,2%
1 ze 6	0	0	0
0 ze 6	0	0	0

Tabulka 12.11: Testování barvocitu pomocí tabulek

Tabulky	Celkem -z celkového počtu 60	Muži -z celkového počtu 36	Ženy -z celkového počtu 24
21 z 21	14 = 23,3%	9 = 25%	5 = 20,9%
20 z 21	32 = 53,3%	19 = 52,8%	13 = 54,2%
19 z 21	4 = 6,7%	2 = 5,6%	2 = 8,3%
18 z 21	3 = 5%	1 = 2,8%	2 = 8,3%
17 z 21	3 = 5%	1 = 2,8%	2 = 8,3%
16 z 21	1 = 1,7%	1 = 2,8%	0
11 z 21	1 = 1,7%	1 = 2,8%	0
7 z 21	2 = 3,3%	2 = 5,6%	0
0 z 21	0	0	0

V Tabulce 12.11 je uveden přehled výsledků z vyšetření pomocí 21 barevných terčů pomocí tabulek pro vyšetření barvocitu. Celkem 14 vyšetřovaných osob (tedy 23,3% z celkového počtu) vidělo všech 21 znaků a 32 řidičů (tedy 53,3% z celkového počtu a zároveň největší počet probandů) vidělo 20 znaků. Ze zbylého počtu vyšetřovaných čtyři řidiči viděli 19 znaků, tři řidiči viděli 18 znaků, tři řidiči viděli 17 znaků, jeden řidič viděl 16 znaků, jeden řidič viděl 11 znaků a dva řidiči viděli pouze 7 znaků. Celkově se tedy perfektní barvocit projevila u 14 probandů a 43 probandů mělo nadpolovičně kvalitní výsledek. Testem by prošlo 95% změřených řidičů. U tří řidičů výsledky testování pomocí tabulek na vyšetření barvocitu naznačují snížení nebo možnou poruchu barvocitu (zejména u dvou probandů, kteří rozpoznali jen 7 znaků). V porovnání naměřených výsledků u mužů a žen dopadlo lépe hodnocení žen. Testem prošly všechny testované ženy, zatímco tři muži (5% mužů) testem neprošli. Ve výsledcích získaných oběma typy testování sledávám podobnost s tím rozdílem, že testováním na Visiotestu prošlo celkem 85% řidičů z celkového počtu, zatímco při testování pomocí tabulek prošlo 95% řidičů z celkového počtu. Vzhledem k výraznějšímu rozdílu v počtu testovacích terčů u obou testů však tento rozdíl není příliš velký. Považuji proto tento test Visiotestu za spolehlivě přesný.

Test na vyšetření zrakové ostrosti do blízka

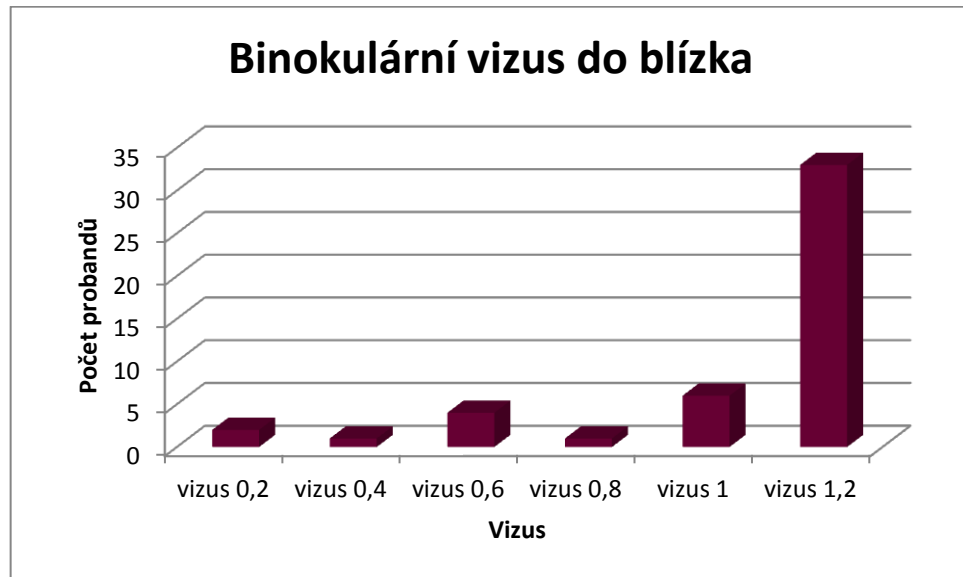
Výsledky uvedené v Tabulce 12.12 shrnují shodu binokulárního vyšetření zrakové ostrosti do blízka pomocí Visiotestu a LCD optotypu. Porovnáním výsledků měření bylo zjištěno, že se naměřený vizus shodoval u 78,3% probandů, tedy u 47 řidičů z celkového počtu 60. U žen byla přesnost měření větší, shoda dosáhla až 83,3%. U mužů se přesnost měření shodovala v 75%. U obou pohlaví tedy byla shoda v přesnosti měření vysoká a považuji proto tento test Visiotestu za spolehlivý.

Tabulka 12.12: Binokulární vizus do blízka

	shoda	neshoda	shoda v %
vizus bino. blízko	47/60	13/60	78,3
vizus bino. blízko M	27/36	9/36	75
vizus bino. blízko Ž	20/24	4/24	83,3

Graf 12.10 zobrazuje zastoupení řidičů s odlišným binokulárním vizem do blízka, u nichž se shodovalo vyšetření Visiotestem s vyšetřením pomocí LCD optotypu. Největšímu počtu řidičů, 33 probandům, byl naměřen vizus do dálky 1,2. Do rozmezí vizu 1,2 byla

započítána kombinace hodnot 1,2+1, jelikož přístroj Visiotest má maximální hodnotu vizu 1,2 na rozdíl od čtecích tabulek, které byly k dispozici v oční optice (s maximální hodnotou vizu 1,0). Dále byl šesti řidičům naměřen vizus 1, jednomu řidiči vizus 0,8, čtyřem řidičům vizus 0,6, jednomu řidiči vizus 0,4 a dvěma řidičům vizus 0,2.



Graf 12.10: Binokulární vizus do blízka

Test na vyšetření horizontálního zorného pole pro pravé a levé oko.

Vyšetření horizontálního zorného pole bylo provedeno Visiotestem i perimetrem v ordinaci oftalmologa. Výsledky všech změřených řidičů byly naprosto totožné, u žádného probanda nebyl objeven defekt či jiná porucha horizontálního zorného pole. Všechna měření odpovídala fyziologickým normám. U dvou probandů byl v rámci vyšetření na perimetru objeven glaukom, který napadal vertikální zorné pole v kraniiální části, což však nespadá pod hodnocení testu horizontálního zorného pole.

13. Diskuze

Hlavním tématem této bakalářské práce je porovnání měření základních parametrů zraku řidičů s měřením na přístroji Visiotest. Přístroj Visiotest je praktickým nástrojem umožňujícím rychlé orientační zhodnocení zraku řidičů.

Už v roce 1983 byla v Kalifornii provedena studie, v níž si 10000 dobrovolníků (tj.20000 očí) nechalo vyšetřit zrak automatickým měřením na přístroji Fieldmaster, který se zaměřoval zejména na vyšetření zorného pole. Všichni dobrovolníci byli ve věku 16-65 let a byli uchazeči o řidičský průkaz. Studie odhalila mnoho skrytých očních defektů (zejména výpadků zorného pole), a to přibližně u 900 probandů. Asi polovina z nich přitom do té doby o problému periferního vidění nevěděla. Tato studie se liší od mé práce mnohem větším počtem testovaných dobrovolníků, kteří se teprve ucházeli o řidičský průkaz. Studie je odlišuje také tím, že testování bylo orientováno pouze na zorné pole. K vyšetření byl použit automatický perimetr Fieldmaster. [17]

V roce 2009 se v České republice uskutečnila studie, kdy byl na veletrhu AUTOTEC & AUTOSALON v Brně vyšetřen Visiotestem zrak 1400 dobrovolným řidičům. Asi v 50% případů byla objevena porucha některého ze základních parametrů zraku, přičemž většinou o defektu vyšetřovaná osoba dosud nevěděla. Všichni účastníci byli vyšetřeni se svou korekční pomůckou (brýle nebo kontaktní čočky). Tato studie se podobá mé práci výběrem vyšetřovaných osob, přičemž všichni dobrovolníci byli řidiči motorových vozidel. Parametry zraku zúčastněných probandů však byly změřeny pouze orientačně na přístroji Visiotest, výsledky nebyly ověřeny žádnou speciální metodou. [11]

Podobná studie proběhla také ve španělském Alicante v roce 2013, kde bylo opakovaně testováno přibližně 90 úředníků. Všichni probandi byli vyšetřováni jak Visiotestem, tak i přístrojem Optec6500 a speciálními metodami. Výsledky měření se ve většině testů shodovaly, studie proto vyhodnotila měření přístroji Visiotest a Optec6500 jako spolehlivé. Tato studie se od mé práce liší ve výběru skupiny probandů, jelikož testování byli muži i ženy různých věkových kategorií bez konkrétních detailů (nikoli jen řidiči). [22]

Před začátkem měření zraku probandů pro experimentální část této práce jsem stanovil několik hypotéz. Na základě analýzy dat z naměřených výsledků lze tyto hypotézy potvrdit či vyvrátit.

H₁: Při testování pravého oka se bude výsledný vizus do dálky a test hypermetropie shodovat v hodnotách naměřených přístrojem Visiotest a speciální metodou. Naopak výsledky testování astigmatizmu se nebudou shodovat.

Hypotéza č.1 byla **potvrzena**. Oba typy testování byly založeny na stejném principu. Ovlivňujícím faktorem mohl být pouze dyskomfort při vyšetření Visiotestem, do kterého se museli probandi při testování dívat. Měření vizu do dálky pravého oka pomocí Visiotestu se celkově shodovalo s měřením na LCD optotypu v 73,3%. Shoda měření hypermetropie byla 100%. Při vyšetření astigmatizmu se celková shoda měření projevila jen v 46,7%.

H₂: Výsledky duochromatického testu pravého oka měřené Visiotestem se nebudou shodovat s výsledky speciálního testu.

Hypotéza č.2 byla **zamítnuta**. Testování Visiotestem se s výsledky speciálního testu shodovalo v 68,3%. Předpokládal jsem, že výsledky ovlivní možné odlišné osvětlení místnosti a přístroje, podmínky pro testování se však příliš neodlišovaly.

H₃: Při testování levého oka se bude výsledný vizus do dálky a test hypermetropie shodovat v hodnotách naměřených přístrojem Visiotest a speciální metodou. Naopak výsledky testování astigmatizmu se shodovat nebudou.

Hypotéza č.3 byla **potvrzena**. Oba typy testování byly založeny na stejném principu. Ovlivňujícím faktorem mohl být pouze dyskomfort při vyšetření Visiotestem, do kterého se museli probandi při testování dívat. Měření vizu do dálky levého oka pomocí Visiotestu se celkově shodovalo s měřením na LCD optotypu v 66,7%. Nebylo sice tak přesné jako u pravého oka, ale shoda je stále nadpoloviční. Shoda měření hypermetropie byla 93,9%. Při vyšetření astigmatizmu se celková shoda měření projevila v 63,3%. Vyšetření astigmatizmu levého oka tedy dopadlo mnohem lépe než pravého oka, měření se tedy nedá považovat za spolehlivě přesné.

H₄: Výsledky duochromatického testu levého oka měřené Visiotestem se nebudou shodovat s výsledky speciálního testu.

Hypotéza č.4 byla **zamítnuta**. Testování Visiotestem se s výsledky speciálního testu shodovalo v 71,7%. Předpokládal jsem, že výsledky ovlivní možné odlišné osvětlení místnosti a přístroje, podmínky pro testování se však příliš neodlišovaly.

H₅: Výsledky binokulárního vizu do dálky měřené Visiotestem se budou shodovat s výsledky speciálního testu.

Hypotéza č.5 byla **potvrzena**. Oba typy testování byly založeny na stejném principu. Ovlivňujícím faktorem mohl být pouze dyskomfort při vyšetření Visiotestem, do kterého se museli probandi při testování dívat a rozdíl umělého osvětlení v přístroji oproti přirozenému dennímu světlu v místnosti. Binokulární měření vizu do dálky pomocí Visiotestu se celkově shodovalo s měřením na LCD optotypu v 66,7%.

H₆: Výsledky testů na binokulární spolupráci očí se nebudou shodovat.

Hypotéza č.6 byla **potvrzena**. Výsledky testování Visiotestem se celkově shodovaly s výsledky speciálních testů (Schoberova testu a Hákového testu) jen v 50%. Předpokládal jsem rozpor výsledků, protože v dnešní době téměř u každého jedince v populaci se vyskytuje alespoň minimální odchylka binokulárního vidění, které je možné spolehlivěji odhalit kombinací více testů, nikoli jen jedním testem.

H₇: Výsledky testů na kontrastní citlivost se nebudou shodovat.

Hypotéza č.7 byla **potvrzena**. Výsledky testování Visiotestem se neshodovaly s výsledky měření pomocí LCD optotypu ve všech fázích testování (při sníženém kontrastu na 60%, na 40% i na 20%). Podle výsledků Visiotestu by testem neprošlo mnohem více řidičů než při testování na LCD optotypu (výsledné hodnoty se lišily o více než polovinu).

H₈: Výsledky testů na stereoskopické vidění se budou shodovat, lépe v hodnocení dopadnou muži.

Hypotéza č.8 byla **potvrzena**. Výsledky testování Visiotestem se shodovaly s výsledky měření na LCD optotypu. V celkovém hodnocení výsledků lepších hodnot dosahovalo vyšetření mužů. Předpokládal jsem lepší výsledky v měření mužů, protože mívají lepší odhad vzdáleností.

H₉: Výsledky testů na barvocit se budou shodovat, lépe v hodnocení dopadnou ženy.

Hypotéza č.9 byla **potvrzena**. Výsledky testování Visiotestem se shodovaly s výsledky měření na LCD optotypu. V celkovém hodnocení výsledků lepších hodnot dosahovalo vyšetření žen. Předpokládal jsem lepší výsledky v měření žen, protože muži často mívají snížený barvocit nebo trpí daltonismem. Podle Visiotestu prošlo testem 85% řidičů, zatímco

při testování pomocí tabulek prošlo 95% řidičů. Tento nevýrazný rozdíl lze vysvětlit nepoměrem počtu testovacích terčů.

H₁₀: Výsledky testů na zrakovou ostrost do blízka se budou shodovat.

Hypotéza č.10 byla **potvrzena**. Oba typy testování byly založeny na stejném principu. Ovlivňujícím faktorem mohl být pouze dyskomfort při vyšetření Visiotestem, do kterého se museli probandi při testování dívat a rozdíl umělého osvětlení v přístroji oproti přirozenému dennímu světlu v místnosti. Binokulární měření vizu do blízka pomocí Visiotestu se celkově shodovalo s měřením na LCD optotypu v 78,3%.

Většina hypotéz tedy byla testováním potvrzena.

Při měření na přístroji Visiotest jsem objevil několik nedostatků. Především u měření vizu do dálky by bylo vhodné pro vyšetření rozšířit možné rozmezí vizu. Také při vyšetření kontrastní citlivosti by byl vhodnější větší rozsah hodnot. U vyšetření barvocitu mnoho probandů zmátl terč bez znaku, což mohlo zkreslit naměřený výsledek. Místo tohoto prázdného terče bych navrhoval zařadit větší počet terčů (než daných 6), avšak všechny se skrytým znakem. Dále by bylo třeba zdokonalit test na binokulární spolupráci očí, jelikož výsledky měření se výrazně lišily. Na druhou stranu většina měření na Visiotestu měla podobné výsledky jako výsledky ze speciálních testů. V optikách by proto Visiotest mohl pomoci odhalit některé ze skrytých očních vad rychlým a přehledným způsobem.

Na základě všech provedených měření a vyhodnocení výsledků považuji měření Visiotestem za spolehlivou screeningovou metodu měření základních parametrů zraku. Nespolehlivost měření se projevila jen u několika testů. Nejméně spolehlivými testy bylo vyšetření kontrastní citlivosti a vyšetření binokulární spolupráce očí. Nepřesné výsledky byly zaznamenány také u vyšetření astigmatizmu. Naopak nejlépe dopadlo testování hypermetropie (až 100% přesnost). Také vyšetření barvocitu, stereoskopického vidění či vizu do dálky i do blízka dosahovalo vysokých hodnot shody. Při vyšetření horizontálního zorného pole se výsledky Visiotestu shodovaly s výsledky perimetru. Avšak vzhledem k tomu, že tímto testováním bylo vyšetřeno jen jednoduché stanovení integrity horizontálního periferního zorného pole (nikoli vyšetření celého zorného pole), považuji testování spíše za zcela orientační.

14. Závěr

Prostřednictvím této bakalářské práce jsem měl možnost proniknout do problematiky měření základních parametrů zraku. Cílem této práce bylo porovnat přesnost měření přístrojem Visiotest s měřením speciálními testy, rešeršně zpracovat tuto problematiku a zhodnotit využitelnost přístroje Visiotest. V teoretické části práce jsem rešeršně zpracoval problematiku zrakových norem pro řidiče a základních měřených parametrů zraku (podstatu, způsob vyšetření, způsob řešení poruchy a možnosti korekce). Dále jsem se věnoval popisu samotného přístroje Visiotest. Praktickou část jsem zaměřil na metodologii a popis testů použitých při měření. V experimentální části jsem vyhodnotil výsledky získané měřením šedesáti probandů a na základě jejich porovnání jsem zhodnotil spolehlivost měření přístrojem Visiotest. Všechny cíle bakalářské práce byly tímto splněny.

Téma bakalářské práce mne velice zaujalo a zpracování teoretické i praktické části obohatilo o nové poznatky i praktické zkušenosti. Myslím si, že využití přístroje Visiotest by mohlo mít budoucnost nejen v optikách, ale také např. na středních školách, domovech pro seniory nebo jiných větších organizacích, kde by bylo vhodné provádět pravidelný screening zraku většího počtu lidí.

Seznam použité literatury

- [1] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. ISBN isbn80-7013-402-x.
- [2] AUTRATA, Rudolf. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7.
- [3] BĚLÍKOVÁ, Jitka. Vývoj myopie. *Česká oční optika*. Brno: EXPO DATA spol., 2012, 53(4/2012), 56-60. ISSN 1211-233X.
- [4] BENEŠ, Pavel. *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [5] BÍBROVÁ, P. *HUE test, porovnání výsledků mechanické a PC varianty*. Brno: Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Katedra optometrie a ortoptiky, 2012. 115 s. Vedoucí diplomové práce Veselý, P.
- [6] COLLINSON, Nicky. Bezpečnost za volantem, zrakové potíže řidičů. *Česká oční optika*. Brno: EXPO DATA spol., 2018, 59(1/2018), 36-38. ISSN 1211-233X.
- [7] DIEPES, Heinz. *Refraktionsbestimmung*. Vyd.3.,. Aufl. Heidelberg: DOZ-Verl, 2004. ISBN 3922269508.
- [8] EDITOR, William J. Benjamin a Irvin M. Borish. CONSULTANT. *Borish's clinical refraction*. [New rev. ed.]. Philadelphia: W.B. Saunders, 1998. ISBN 0721656889.
- [9] HABERLAND, Tomáš. Korigovat vrozené poruchy barvocitu pomocí barevných brýlových skel a kontaktních čoček?. *Česká oční optika*. Praha: Společenstvo českých optiků a optometristů, 2010, č. 2, s. 20 – 24. ISSN 1211-233X.
- [10] HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
- [11] HREŽÍK, Jan. *Kontrola zraku u řidičů*. Olomouc, 2013. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra optiky. Vedoucí práce RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D.

- [12] HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-530-3.
- [13] CHARMAN, W. N. Night myopia and driving. *Ophthalmic and Physiological Optics* [online]. 1996, 16(6), 474-485 [cit. 2018-04-28]. DOI: 10.1046/j.1475-1313.1996.96000245.x. ISSN 0275-5408. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1475-1313.1996.96000245.x>
- [14] CHYTIL, David. Noční myopie. *Česká oční optika*. Brno: EXPO DATA spol., 2015, 56(2/2015), 56-60. ISSN 1211-233X.
- [15] Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2017 [online]. 2017, [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [16] JEŘÁBKOVÁ, Andrea. Vyšetřovací metody prostorového vidění – 2. část. *Česká oční optika*. Brno: EXPO DATA spol., 2013, 54(2/2013), 38-40. ISSN 1211-233X.
- [17] JOHNSON, C. A., J. L. KELTNER. Incidence of Visual Field Loss in 20,000 Eyes and Its Relationship to Driving Performance. *Archives of Ophthalmology* [online]. 1983, 101(3), 371-375 [cit. 2018-03-05]. DOI: 10.1001/archopht.1983.01040010371002.
- [18] KOLÍN, Jan. *Oftalmologie praktického lékaře*. Praha: Karolinum, 1994. ISBN 80-7066-861-X.
- [19] KRAUS, Hanuš. *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-079-12.
- [20] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. Praha: Grada, 2007. ISBN 9788024711638.
- [21] LEAD EDITORS, Myron Yanoff a James J. Augsburger et al. SECTION EDITORS. *Ophthalmology*. Fourth edition. 2014. ISBN 1455739847.
- [22] MOLINA-TORRES, María-José, et al. Diagnosis accuracy of two vision screeners for visual health surveillance of workers who use video display terminals. *Journal of Occupational Health* [online]. 2016, 58(5), 444-451 [cit. 2018-03-08]. DOI: 10.1539/joh.15-0247-OA.

- [23] NAJMAN, Ladislav. Základy brylové optiky 4. část: Vidění do blízka. *Česká oční optika*. Brno: EXPO DATA spol., 2009, 50(4/2009), 48-50. ISSN 1211-233X.
- [24] POLÁŠEK, Jaroslav a J. BALÍK. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1975.
- [25] RUTRLE, Miloš. *Brylová optika*. 2. přeprac. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text pro střední zdravotnické školy. ISBN 80-7013-145-4.
- [26] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-301-5.
- [27] SEVER, Ania. Night myopia. *Sborník přednášek 2. celostátní studentské konference optometrie*. Brno, 2010.
- [28] SKORKOVSKÁ, Karolína. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.
- [29] SYNEK, Svatopluk a Šárka SKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
- [30] TUNNACLIFFE Alan H. *Introduction to Visual Optics* (1993). Association of British Dispensing Opticians. ISBN 0-900099-28-1.
- [31] *User's Guide: Physiological Visiotest*. France: Essilor.
- [32] VLKOVÁ, Eva, Šárka PITROVÁ a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [33] Vyhláška č. 277/2004 Sb.: Vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-277>
- [34] Vyhláška č. 31/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů o řídičských průkazech a o registru řidičů [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-31>

- [35] Vyhláška č. 361/2000 Sb.: Vyhláška o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
- [36] VYMYSLICKÝ, Ivan. Noční Subjektivní refrakce do blízka. *Česká oční optika*. Brno: EXPO DATA spol., 2012, 53(4/2012), 50-52. ISSN 1211-233X.
- [37] ZHAO, Jiawei. Clinical Color Vision Testing and Correlation With Visual Function. *American Journal of Ophthalmology* [online]. 2015, 160(3), 547-552 [cit. 2018-01-06]. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.06.015. ISSN 00029394. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002939415003682>

Seznam symbolů a zkratek

°C – stupeň Celsia

apod. – a podobně

bino. – binokulární

cca – cirka, přibližně

cd

cm – centimetr

č. – číslo

D – dioptrie

duochrom. – duochromatický

kg – kilogram

lat. – latinsky

LCD - Liquid Crystal Display (displej z tekutých krystalů např. monitor)

m – metr

M – muži

min – minuta

mm – milimetr

n. – nervus

např. – například

nm - nanometr

OL – oko levé

OP – oko pravé

pD – prizmatická dioptrie

V – Volt

W – Watt

Ž – ženy

Seznam obrázků a grafů

OBRÁZKY:

Obr. 3.1: Minimum separabile

Dostupný z: http://www.karmen.20m.com/Slike/Minimum_separabile.jpg

Obr. 3.2: Konstrukce optotypu

Dostupný z: <http://docplayer.cz/docs-images/62/47111938/images/14-0.jpg>

Obr. 3.3: Logaritmický typ optotypu do dálky

Dostupný z: <http://www.nspnz.sk/photos/odd/ocne/optotypy/obr4.jpg>

Obr. 3.4: Aritmetický typ optotypu do dálky

Dostupný z: <https://www.eyestore.cz/uploads/products/3/big/optotyp-pro-upevneni-na-stenu.jpg>

Obr. 3.5: Čtecí karta – Snellenův a Jägerův zápis

Dostupný z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/lf/js16/refrakcni_vady/web/media/obr03-05.jpg

Obr. 4.1: Porovnání zdravého oka, myopického oka a myopického zkorigovaného oka

Dostupný z: http://www.christophersoneyeclinic.com/eyeclinic_wp/wp-content/uploads/eye_myopia_corrected.jpg

Obr. 4.2: Porovnání vidění ve dne a v noci

Dostupný z: <http://wwwcdn.skyandtelescope.com/wp-content/uploads/NightMyopia.jpg>

Obr. 4.3: Porovnání zdravého oka, hypermetropického oka a hypermetropického zkorigovaného oka

Dostupný z: http://www.christophersoneyeclinic.com/eyeclinic_wp/wp-content/uploads/eye_hyperopia_corrected.jpg

Obr. 4.4: Astigmatická různice

Dostupný z: <http://docplayer.cz/docs-images/50/27191554/images/21-0.png>

Obr. 4.5: Porovnání zdravého oka, astigmatického oka a astigmatického zkorigovaného oka

Dostupný z: <https://thumbs.dreamstime.com/z/astigmatism-corrected-cylindrical-lens-eyesight-problem-blurred-vision-anatomy-eye-cross-section-76207435.jpg>

Obr. 4.6: Porovnání zdravého oka, presbyopického oka a presbyopického zkorigovaného oka

Dostupný z: <https://www.eyehhealthweb.com/wp-content/uploads/presbyopiapic.jpg>

Obr. 5.1: Pseudoizochromatické tabulky

Dostupný z: https://www.coloroptik.com/wp-content/uploads/2017/01/Barevn___testy_51a6f905e9fbf.png

Obr. 8.1: Pelli-robsonův kontrastní test

Dostupný z: <https://www.optikakromeriz.cz/inpage/vysetreni-zraku/>

Obr. 10.1: Visiotest Essilor

Dostupný z: <http://www.essilorinfo.co.uk/instruments/visionscreening/images/physiovisio.gif>

GRAFY:

Graf 2.1: Počet dopravních nehod v průběhu roku 2017

Dostupný z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>

Graf 12.1: Vyšetření vizu do dálky OP

Graf 12.2: Vyšetření hypermetropie OP

Graf 12.3: Duochromatický test pravého oka

Graf 12.4: Vyšetření vizu do dálky OL

Graf 12.5: Vyšetření hypermetropie OL

Graf 12.6: Duochromatický test levého oka

Graf 12.7: Binokulární vizus do dálky

Graf 12.8: Testování kontrastní citlivosti Visiotestem

Graf 12.9: Testování kontrastní citlivosti na LCD optotypu

Graf 12.10: Binokulární vizus do blízka

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Přehled harmonizačních kódů optických pomůcek

Tabulka 12.1: Monokulární vyšetření pravého oka

Tabulka 12.2: Duochromatický test pravého oka

Tabulka 12.3.: Monokulární vyšetření levého oka

Tabulka 12.4: Duochromatický test levého oka

Tabulka 12.5: Binokulární vizus do dálky

Tabulka 12.6: Test na ověření binokulární spolupráce očí

Tabulka 12.7: Testování kontrastní citlivosti Visiotestem

Tabulka 12.8: Testování kontrastní citlivosti pomocí LCD optotypu

Tabulka 12.9: Test stereoskopického vidění

Tabulka 12.10: Testování barvocitu na přístroji Visiotest

Tabulka 12.11: Testování barvocitu pomocí tabulek

Tabulka 12.12: Binokulární vizus do blízka